Notre cerveau en 12 questions

Dossier coordonné par Héloïse Lhérété

Les neurosciences ont le vent en poupe. Chaque semaine, on annonce une découverte concernant les mécanismes de l'apprentissage, la neurobiologie du bonheur ou les noyaux cérébraux responsables de la violence. La neuroéducation entend supplanter les sciences de l'éducation ; le neuromarketing prétend lire dans le cerveau des consommateurs, les neurosciences sociales s'inventent comme superscience de la société… Pourtant, derrière les effets d'annonce, notre cerveau garde sa part de mystère. Sa complexité est affolante : 100 milliards de neurones, chacun doté d'environ 10 000 connexions, soit une capacité d'un billion de connexions ! Les chercheurs débattent encore de la façon dont il se câble, s'adapte, pense, rêve ou vieillit. Leur Graal ? La découverte d'un éventuel « code neural » dont le déchiffrage pourrait éclairer le fonctionnement général de nos neurones, tout comme le code génétique éclaire le celui de nos cellules. D'hypothèses en expériences, nous commençons à avoir des pièces du puzzle. Que nous apprennent-elles au juste ? Les sciences du cerveau bouleversent-elles la pensée ? Et quelle place leur accorder dans la compréhension, nécessairement pluridisciplinaire, de l'humain et des sociétés ?


David Hatfield/Alamy

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

À quoi sert un cerveau ?

Si le cerveau servait à penser, tous les autres animaux seraient des êtres pensants. Et si ce n'est pas le cas, à quoi leur sert leur cerveau ? D'abord à percevoir leur milieu, à s'y mouvoir. Et aussi à s'émouvoir.

Jean-François Dortier

Le cerveau humain est, dit-on, l'objet le plus complexe de l'univers : une formidable machine qui sert à parler, à rêver, à créer, à penser et à imaginer.

Est-ce vraiment si sûr ? Si c'était le cas, pourquoi des milliers d'espèces animales – de l'escargot à la tortue, de la taupe au mouton – possèdent-elles un cerveau en parfait état de marche alors qu'elles ne sont pas réputées parler, penser ou imaginer ? À vrai dire, quand on le regarde avec le recul de l'évolution, le cerveau apparaît moins comme une machine à penser qu'une machine à vivre. De cette fantastique machine, la pensée n'est qu'un dérivé auxiliaire apparu chez de rares espèces et surdéveloppé chez l'une d'entre elle : la nôtre. Pour comprendre sa raison d'être et ses fonctions, il faut d'abord replonger dans l'histoire évolutive du cerveau et de ses fonctions de base.

Le cerveau de la méduse

Les animaux sont, comme leur nom l'indique, des êtres « animés » : ils doivent se déplacer pour se nourrir. Et pour cela, ils ont besoin à la fois d'organes de locomotion (pattes, ailes, nageoires) et d'organes de perception (toucher, odorat, vue, ouïe, goût, etc.). Voilà la première fonction d'un cerveau : recevoir des informations de l'environnement et commander des actions.

L'un des systèmes nerveux les plus simples du monde animal est celui de la méduse. À vrai dire, la méduse n'a pas vraiment de « cerveau », mais un réseau de neurones distribués sur tout le corps. Son corps lui-même n'est pas très sophistiqué : il ressemble à un grand sac de gelée, avec un seul trou (qui sert à la fois de bouche et d'anus) et des tentacules. La méduse n'en reste pas moins un redoutable prédateur, qui se nourrit de zooplancton et se défend de ses agresseurs grâce à ses cellules urticantes. Son système nerveux lui sert à la fois de moyen de locomotion (qui se contracte spontanément comme les battements de notre cœur) et de détection (des prédateurs, des proies).

Ce système nerveux des plus élémentaires fonctionne donc selon une formule très simple : *stimulus* → réponse (selon le modèle classique du comportementalisme). Puis, au fil de l'évolution, ce dispositif se complexifie. Chez les espèces plus développées, les neurones récepteurs se spécialisent : certains s'attachent aux sources de lumière (pour fabriquer des yeux, un nerf optique et un centre de traitement des informations visuelles), d'autres neurones réagissent aux ondes sonores et forment la base de l'appareil auditif… Il en va de même pour l'odorat, le goût, le toucher… Ainsi naissent les sens.

Le siège des émotions

Percevoir et agir : ces deux fonctions de base seront peu à peu régies par des dispositifs de traitement de l'information plus ou moins sophistiqués qui permettent d'agir de façon adaptée à la situation : la sélection des informations pertinentes, la catégorisation, la mémoire, la résolution de problème.

Le cerveau est aussi sous l'emprise d'un autre réseau : le système hormonal. Ainsi le cerveau limbique – considéré comme

Le cerveau humain, produit de trois évolutions

● **L'évolution biologique** s'est effectuée au cours de plusieurs millions d'années, au cours desquelles se sont mis en place les grands circuits et aires spécialisées dans la vision, l'audition, la motricité, la mémoire, ou le traitement des émotions.

● **L'évolution culturelle** permet d'accéder à des compétences nouvelles. Ainsi la lecture, l'écriture, les mathématiques, les connaissances scientifiques sont-elles des inventions culturelles historiquement récentes. À la différence du langage, qui est une adaptation et présuppose une compétence humaine universelle, la lecture et l'écriture sont des inventions qui mobilisent et recyclent des circuits neuronaux adaptés à d'autres compétences.

● **L'évolution individuelle** est tributaire des deux évolutions précédentes (biologique et culturelle) mais ne s'y réduit pas. Chaque cerveau est une machine créative et autonome qui absorbe, intègre et remanie à sa façon compétences naturelles et ses apports culturels, de façon à créer une trajectoire individuelle originale. ■ J.-F.D.

Source

- **Le Cerveau et la Pensée. Le nouvel âge des sciences cognitives**
Jean-François Dortier, éd. Sciences Humaines, 2014.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

32_33_SHUM310.indd 32 29/11/2018 16:43


Orlando Florin Rosu/Adobe

le siège des émotions – joue un rôle central dans la régulation de nos conduites. Vous avez chaud, froid, faim, soif? Vous ressentez une bouffée de plaisir ou une montée de désir: c'est l'hypothalamus qui gère ces sensations. Cet organe est sous la dépendance de flux d'hormones en provenance du reste du corps qui lui signalent les déséquilibres organiques. Ces déséquilibres vont se transformer en impressions conscientes: mal de dent ou envie de dormir. D'autres noyaux et ganglions participent à la production des émotions. Par exemple, l'excitation du noyau accumbens, nommé «centre du plaisir», inonde le cerveau de dopamine (un neuromédiateur) lors de certaines expériences gratifiantes, contribuant à créer des phénomènes de dépendance. L'amygdale (rien à voir avec celles qui sont au fond de la gorge) est une petite structure voisine impliquée dans les émotions négatives comme la peur et les réactions associées comme la fuite ou l'agression. Quant à l'hippocampe, il joue un rôle majeur dans la mémorisation et la récupération des souvenirs.

Faut-il considérer chaque aire cérébrale comme le siège d'une fonction particulière (centre du langage, de la mémoire, de la conscience), comme le laissent supposer nombre de recherches sur la localisation des fonctions cérébrales? *(p. 48)*. À l'heure des réseaux, de plus en plus de neurobiologistes considèrent que les aires du cerveau sont distribuées sur plusieurs zones. Le souvenir d'une personne qui vous est chère (une grand-mère décédée) n'est pas localisé dans le seul hippocampe. L'évocation de son visage fait appel au centre visuel, son souvenir mobilise les émotions (cerveau limbique)…

Et la lumière fut

Les tenants de la «cognition incarnée», concept forgé par le neurobiologiste Francesco Varela, vont plus loin. Ils font valoir que le cerveau est une machine vivante reliée à un corps. Et le corps tout entier possède ses mémoires: mémoire cellulaire (l'information génétique est conservée dans l'ADN qui active ou non certaines réactions), ou encore la mémoire musculaire (qui conserve le souvenir des mouvements et entraînements passés) précieuse pour les sportifs ou les musiciens.

Quant aux tenants de la «cognition distribuée», ils refusent le cérébro-centrisme qui cherche à localiser l'intelligence ou la mémoire uniquement dans les méandres du cerveau. La mémoire s'appuie aussi sur des codes rituels sociaux, des règles de vie, des lieux de mémoire (monuments ou cérémonies collectives), des agendas, les panneaux indicateurs, des listes, des livres, des ordinateurs, lesquels fonctionnent chacun à leur manière comme des «mémoires externes» en lien avec notre cerveau. Bref, nos cerveaux ne vivent pas en vase clos. Les réseaux de neurones sont interconnectés à des réseaux biologiques, des réseaux sociaux et des réseaux électroniques.

On peut comparer le cerveau à une ampoule électrique: c'est bien d'elle que surgit la lumière; mais si l'ampoule n'était pas reliée par des câbles, qui eux-mêmes n'étaient pas reliés à une centrale électrique, aucune lumière ne pourrait jaillir de l'ampoule. Il en va de même pour les productions de l'esprit humain. La focalisation du regard sur le seul cerveau nous fait oublier le système nerveux auquel il est relié, le corps qui l'informe et l'environnement qui les alimentent. Le cerveau est cette ampoule: sans système nerveux, hormonal, biologique, technique, social cultuel, l'esprit resterait désespérément éteint. ■

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

32_33_SHUM310.indd 33 29/11/2018 16:43

Les neurosciences, révolution ou mirage ?

Elles nous promettent une meilleure compréhension du cerveau, de la cognition, des émotions, des relations interpersonnelles… Les neurosciences ont-elles les moyens de leurs ambitions ?

Romina Rinaldi
Docteure en psychologie, chargée d'enseignement à l'université de Mons (Belgique).

Aucun doute : nous sommes entrés de plain-pied dans l'ère des neurosciences. Elles vont nous aider à mieux comprendre qui nous sommes, comment nous fonctionnons. Elles sont le couteau suisse de la vie quotidienne 2.0. De belles promesses ? Oui et non. Car si les progrès des chercheurs méritent bien d'être valorisés, cette portée aux nues des neurosciences ne présente pas que des avantages. Aussi, ces dernières années, les résultats des recherches en neurosciences ont été sérieusement questionnés. Les manipulations opérées sur les données brutes afin de « façonner » les résultats, ainsi que les largesses prises dans l'interprétation des données ont notamment été dénoncées. Au-delà de ces aspects techniques, c'est la confiance aveugle que la société entière semble porter à tout ce qui est estampillé « neurosciences » qui engage certains à tirer la sonnette d'alarme. Un scientisme plus rétrograde que progressiste… Les neuroscientifiques en viennent à dénoncer eux-mêmes l'instrumentalisation de leurs données ! En équilibre entre l'acceptation déraisonnée et le rejet complet, on peut se poser la question : existe-t-il une corruption des neurosciences ? Si oui, à qui la faute ?

Artefacts et manipulations statistiques

Vous vous souvenez peut-être de cette étude qui, en 2009, avait découvert l'activation du cerveau spécifique à la vision d'une photo de Jennifer Aniston – cette actrice célèbre pour son rôle dans la série *Friends* ? Un gag ? Du tout ! La synthèse de ces recherches a d'ailleurs été publiée dans de prestigieuses revues scientifiques telles que *Nature* ou *Scientific American*. Son titre initial (traduit) : « Cellules concepts : les briques de la mémoire déclarative ». Les journaux qui ont relayé l'information titraient plutôt :

> *Chaque personne, chaque chose serait codée selon une configuration de neurones particulière.*

« Jennifer Aniston gagne la guerre du cerveau » ou « Les chercheurs ont trouvé le neurone Jennifer Aniston ». Dans l'article original, le neuroscientifique Rodrigo Quian Quiroga exposait les résultats de son expérience présentant un groupe de neurones de l'hippocampe qui, chez un patient, répondait de façon très spécifique à l'image de l'actrice américaine, mais pas aux autres acteurs visualisés (pauvre Brad Pitt !). Chez un autre patient, c'était Halle Berry qui mettait les neurones en marche, alors que certains s'activaient pour Luke Skywalker. La conclusion du professeur et de son équipe est que ces cellules spécifiques pourraient constituer une base de l'organisation neuronale de notre mémoire : chaque personne, chaque chose serait codée selon une configuration de neurones particulière. Mais surtout, ces représentations seraient, comme les souvenirs de tout un chacun, hautement individuelles. Ce n'est donc pas comme si nous pouvions localiser de façon certaine et invariable chez n'importe qui les cellules liées à un souvenir et qu'en les supprimant, on supprimerait également ce souvenir, laissant les autres parfaitement intacts.

Évidemment, ce discours, nuancé, mais surtout très technique, est nettement moins attractif. Quitte à se passer de quelques détails par-ci, par-là, les médias ne peuvent donc s'empêcher de relayer ces informations en les formatant dans une version accrocheuse. Ils l'ont bien compris : le grand public adore les neurosciences !

Peut-on le lui reprocher ? Les tentatives de compréhension de notre esprit n'ont-elles pas animé l'humanité depuis toujours ? Pourtant, cette façon de rendre compte de l'information produit un impact majeur sur la représentation des neurosciences. Certes la recherche en imagerie cérébrale est truffée d'artefacts, de manipulations statistiques, de réglages techniques, de paramètres dans la construction de protocoles… mais un biais fondamental, que les chercheurs

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

34_37_SHUM310.indd 34 29/11/2018 16:43



Cultura Creative/Alamy

Une scientifique interprétant une IRM restituée en 3D.

ne peuvent absolument pas maîtriser, est la façon dont leurs données se trouvent relayées auprès du grand public.

Le *packaging* « neuropédagogie »

Cela n'empêche que, dans ce flux quasi ininterrompu d'informations neuroscientifiques, certains frôlent l'*overdose*. Et s'alarment de ce règne des neurosciences qui, alors qu'elles restaient bien loin de leur quotidien jusqu'à une date récente, s'y immiscent de plus en plus. On ne peut s'empêcher de penser, entre autres, à certains enseignants qui, lassés de se voir considérés avec condescendance pour leurs méthodes « rétrogrades », se voient proposer les neurosciences comme l'unique option vers le progrès pédagogique.

Le débat n'est pas binaire : les sciences dures versus les sciences humaines (en l'occurrence, les sciences de l'éducation), les partisans « des vieilles méthodes » versus les progressistes. On peut tout à fait reconnaître que les données neuroscientifiques sur le développement et l'apprentissage de l'enfant constituent un matériau précieux pour élaborer des méthodes pédagogiques adaptées, et rejeter en bloc le *packaging* « neuropédagogie » – qui se vend pourtant fort bien au demeurant.

Ainsi, en 2013, le service de veille scientifique et technique de l'Institut français de l'éducation publiait un dossier intitulé « Neurosciences et éducation : la bataille des cerveaux », faisant ressortir malgré lui le manque de compréhension mutuelle des disciplines : les enseignants enclins à surinterpréter les données des études dans une forme simplifiée *(p. 34)* et les neuroscientifiques, trop peu avisés sur l'histoire de la pensée pédagogique, réinventant parfois la roue. Dans son ouvrage récent *La riposte. Pour en finir avec le miroir aux alouettes* (2018), le spécialiste des sciences de l'éducation Philippe Meirieu souligne que les résultats des expériences en neurosciences peuvent instituer le point de départ d'un raisonnement pédagogique, mais se réduisent alors à un outil. Il rappelle qu'une méthode pédagogique s'articule autour de trois axes : les connaissances (en l'occurrence sur l'enfant, son développement), les finalités (les objectifs pédagogiques et sociaux), et les pratiques (outils et méthodes). Si les neurosciences alimentent l'axe des connaissances, elles ne constituent pas une pédagogie en soi. D'autre part, il insiste sur le fait *« que la compréhension de l'être humain ne se limite pas à une seule de ses dimensions* (...). *Certes, le cerveau peut apparaître comme la cabine de pilotage où aboutissent toutes les données* (...) *et d'où partent toutes les décisions* (...). *Mais les décisions du pilote ne peuvent en aucun cas être réduites à une combinaison mécanique de données, telle qu'un ordinateur pourrait la faire. »*

Or, là aussi, impossible de condamner l'ensemble de la discipline. Bien sûr, certains neuroscientifiques réputés, tels Stanislas Dehaene, ont fait le choix d'engager au changement pédagogique par les neurosciences (concédant toutefois la ▶

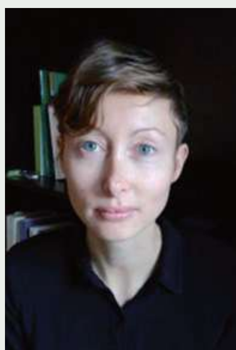
Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

34_37_SHUM310.indd 35 29/11/2018 16:43

TROIS QUESTIONS À… GIULIA ANICHINI

« Une carte cérébrale n'a rien de neutre ! »

L'anthropologue Giulia Anichini remet en question la neutralité des images utilisées en neurosciences pour localiser des « zones du cerveau » responsables de nos comportements sociaux.



DR

GIULIA ANICHINI
Giulia Anichini est l'auteure de *La Fabrique du cerveau. Les dessous d'un laboratoire de neuroimagerie*, Éditions matériologiques, 2018.

Pourquoi avez-vous passé deux ans dans des laboratoires de neuroimagerie ?
Il est devenu courant de localiser des traits psychologiques dans des régions du cerveau, et d'expliquer parfois même des phénomènes de société sur cette base. On dira par exemple que des zones associées à l'empathie s'activent davantage chez les femmes que chez les hommes, comme on le pourrait le voir par IRM, et que cela expliquerait des différences de comportement entre les deux sexes. L'imagerie cérébrale encourage cette tendance à réduire des processus cognitifs de haut niveau à des facteurs biologiques – supposés plus objectifs, car relevant des sciences dites exactes. J'ai donc souhaité me placer en amont, afin d'étudier la façon dont ces images sont obtenues, analysées et interprétées. En observant le quotidien de neuroscientifiques, et en déconstruisant leurs travaux à chaque étape, j'ai constaté que leur démarche était souvent guidée par des choix techniques ou théoriques, tantôt délibérés et tantôt imposés par des contraintes économiques ou sociales. Comme tout « fait scientifique », une carte cérébrale n'a rien de neutre.

Concrètement, quelles pratiques vous semblent-elles peser sur les interprétations parfois faites à partir d'IRM ?
Il existe une tendance forte à adapter les données empiriques à des présupposés théoriques. Quand on observe un cerveau par IRM, une même expérience peut activer différents réseaux de neurones. Les chercheurs appliquent donc des modèles probabilistes, comprenant une marge d'erreur, pour circonscrire une zone jugée prépondérante. Autrement dit, les fameuses « zones de… » restent fondamentalement des constructions statistiques et ne désignent pas, à proprement parler, des réalités biologiques. D'autre part, lorsque des chercheurs analysent leurs données, il est courant de « bricoler » celles-ci pour obtenir des résultats dits « positifs », qui confirment les hypothèses de départ, en considérant qu'ils rendent mieux compte du phénomène que l'on cherchait à observer. Cela revient aussi, parfois, à mettre de côté les résultats récalcitrants… Cet ajustement permanent est problématique en soi, mais il est de surcroît renforcé par une pression à la publication de résultats – de préférence spectaculaires – qu'on retrouve dans la recherche scientifique en général.

La science n'est-elle pas toujours guidée par des hypothèses de départ ?
Les sciences naturelles et formelles, comme la neurologie, peuvent être tentées par l'idée que certaines discussions conceptuelles n'aient plus de sens à l'heure du *big data* et des algorithmes – ce qu'on appelle parfois « la mort de la théorie ». Il suffirait de collecter des données et de les analyser avec une rigueur mathématique pour obtenir des résultats incontestables. J'observe pour ma part un phénomène inverse : non seulement les chercheurs sont guidés par des hypothèses de départ, mais ils y sont d'autant plus incités que nous n'avons jamais eu autant de données à notre disposition. Pour obtenir quelque chose des milliers de résultats produits à travers le monde et au fil de vos propres expériences, vous êtes incités opérer des sélections qui engagent dès le départ vos observations, ce qui entraîne une coexistence problématique des approches exploratoire et expérimentale. L'idée d'une « neutralité théorique » me paraît en tout cas infirmée par l'observation des pratiques scientifiques : on devrait donc au moins nuancer la rhétorique ambiante, annonçant l'avènement d'un « paradigme » plus « objectif » car débarrassé d'« *a priori* théoriques ». ■

PROPOS RECUEILLIS PAR FABIEN TRÉCOURT

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

34_37_SHUM310.indd 36 29/11/2018 16:43

nécessité, pour y parvenir, d'un véritable changement de paradigme), ainsi qu'à la création d'une science transdisciplinaire qui permettrait aux « deux parties » de collaborer efficacement, bien au-delà d'une simple transposition d'une théorie à l'autre. Mais les neuroscientifiques sceptiques ne sont pas rares, et sans doute sont-ils moins entendus…

Vers des neurosciences éthiques

Bien sûr, la question ne se limite pas à la pédagogie. Dans un article paru en 2014 dans la revue psychiatrique *L'Encéphale*, des chercheurs en psychologie légale s'inquiétaient d'une loi votée en France en 2011, autorisant le recours à l'imagerie cérébrale dans le cadre de l'expertise pénale en psychiatrie légale. Ils revenaient, entre autres, sur le cas d'une jeune femme de 28 ans à Côme, en Italie, dont la peine pour le meurtre de sa sœur avait été limitée, à la suite d'une expertise par imagerie cérébrale montrant un dysfonctionnement de certaines zones liées à l'inhibition. Les chercheurs de rappeler que de telles questions doivent être pensées avec prudence, et que la justice doit se prémunir de penser que les neurosciences apportent des « réponses toutes faites ». En l'occurrence : mieux vaut ne pas partir du principe que le cerveau d'une personne criminelle diffère du cerveau d'une personne innocente, et éviter le piège du localisationnisme – c'est-à-dire l'idée qu'une région cérébrale correspond indubitablement à un comportement.

Là aussi, les neuroscientifiques ne se leurrent pas. En l'occurrence, nombre d'entre eux s'engagent dans un courant de neurosciences critiques. Ils s'interrogent alors sur le fait que les données neuroscientifiques aient valeur de preuve. Bien conscients que leur discipline n'a plus rien de marginal, qu'elle s'étend à des domaines politiques, sociaux et moraux, ils cherchent à savoir non pas comment exclure les neurosciences de ces domaines, mais comment les inclure de façon raisonnée, sans les dénaturer pour autant.



Cultura Creative/Alamy

Un patient lors d'une expérimentation de stimulation magnétique transcrânienne.

Vous l'aurez compris, dans le procès des neurosciences, il n'y a pas que les chercheurs à mettre au banc des accusés. Naturellement, les ouvrages qui sensibilisent le grand public aux paramètres concrets des expériences sont utiles afin de se faire un avis éclairé sur les données. Toutefois, il faut se rappeler que la confiance envers les neurosciences est influencée par des discours médiatiques et politiques qui, souvent, n'appartiennent pas aux chercheurs. D'autre part, ces derniers produisent une réflexion éthique et technique afin de pallier les imperfections inhérentes à toute discipline scientifique.

Des outils techniques en progrès

Les neuroscientifiques font souvent face à des difficultés techniques et expérimentales : outils trop peu puissants, absence de protocole standardisé, nécessité de procéder à des moyennages (rassemblement de données) qui font perdre de la puissance statistique ou dénaturent les données brutes… Mais ils ne restent pas les bras croisés. Au contraire, la recherche technique en imagerie cérébrale, tout comme la neuroéthique, constitue un champ à part entière. Par exemple, pour tirer des conclusions sur le lien entre un comportement et l'activité cérébrale, les chercheurs pourraient se « contenter » d'une IRM fonctionnelle (idéalement en couplant d'autres mesures, comme l'électroencéphalographie). En revanche, pour « prouver » la causalité, et donc manipuler le cerveau pour observer les modifications de comportements, d'autres outils sont nécessaires, comme la stimulation magnétique transcrânienne (1). Ces recherches devraient aboutir à des guides de pratiques suffisamment étayés pour accompagner les scientifiques dont la bonne volonté ne suffit pas toujours, à l'heure actuelle, pour dépasser les difficultés qui leur valent de se voir parfois cloués au pilori. ■

(1) Russell Poldrack et Martha Farah, « Progress and challenges in probing the human brain », *Nature*, vol. DXXVI, n° 7573, octobre 2015.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

34_37_SHUM310.indd 37 29/11/2018 16:43

Haro sur les neuromythes !

Le cerveau gauche s'opposerait au cerveau droit, nous n'utiliserions que 10 % de notre potentiel… Autant de lieux communs sur le cerveau et d'erreurs ! Rétablissons quelques vérités.

Romina Rinaldi

Docteure en psychologie, chargée d'enseignement à l'université de Mons (Belgique).

Avec la diffusion en flux constant des résultats de recherches en neurosciences, se multiplient les fausses croyances relatives au fonctionnement de notre cerveau. Ces légendes scientifiques sont appelées des neuromythes. Comme toutes les croyances populaires, elles remontent souvent à des éléments bien réels, mais généralisés ou réarrangés. La plupart du temps pour correspondre à nos besoins ou nous conforter dans nos intuitions. Remettons quelques pendules à l'heure…

L'hémisphère gauche n'a pas le monopole de la logique

Selon la théorie cerveau gauche/cerveau droit, les individus pourraient être classés selon leur dominance hémisphérique : les « plus à gauche » (qui seraient plus logiques et analytiques), et les « plus à droite » (qui seraient créatifs et intuitifs). S'il existe bel et bien une forme de « dominance hémisphérique », elle dépend non pas de la personne, mais du type d'activité en cours. Par exemple : chez 99 % des droitiers et plus de 70 % des gauchers (1), le langage recrute le plus souvent l'activité de neurones situés dans l'hémisphère gauche, même si elles ne sont pas groupées dans une zone restreinte, comme on a pu le penser. D'autres fonctions pourraient être plus dépendantes de la latéralisation globale. Par exemple, des chercheurs de l'université Cornell ont récemment suggéré que les émotions comme la joie et la colère seraient gérées par l'hémisphère qui contrôle la main dominante (le gauche pour les droitiers, le droit pour les gauchers). La théorie cerveau gauche/cerveau droit ne constitue donc qu'une extrapolation un peu fantaisiste de faits scientifiques. Pourtant en 2011, sous l'égide du gourou *new age* Deepak Chopra, naît le mouvement « No Right Brain Left Behind » censé redonner un second souffle à l'éducation et au monde de l'industrie en faisant la place *« aux capacités créatives et holistiques du cerveau droit »*. La réalité ? Le perfectionnement des outils d'imagerie cérébrale suggère que l'ensemble des fonctions cérébrales est pris en charge par des réseaux complexes et distribués de neurones, dans une forme de collaboration entre les hémisphères. Il n'y a rien à jeter dans le cerveau !

Vos neurones sont bien gérés

Et pourtant, selon une autre croyance, nous n'en utiliserions que 10 %. Il est vrai que si l'on observe l'écran lors d'une IRM fonctionnelle, on se dira que tout notre cerveau ne participe pas à la tâche en cours. Mais, s'il était possible de scanner en continu l'activité cérébrale sur une journée complète, il y a fort à parier qu'au regard de la diversité des comportements exécutés, 100 % du cerveau ou presque serait à l'œuvre à un moment ou à un autre. Par ailleurs, les phénomènes de plasticité cérébrale (réorganisation cérébrale suite à une lésion) laisse entrevoir à quel point le cerveau est capable de gérer ses ressources et de s'adapter en continu. Il n'est pas du genre à en laisser de côté si cela n'a pas de sens… L'idée ne semble donc présenter aucune base scientifique vraisemblable. Il n'empêche que dans une étude parue dans la revue *Frontiers* en 2012, 46 à 48 % des enseignants sondés (en Angleterre et en Hollande) considéraient ce fait comme avéré (2). L'idée persiste sans doute parce qu'elle est source d'espoir : et si seulement nous pouvions utiliser 100 % de notre cerveau… La réalité ? Nous pouvons ! Car si nous n'exploitons pas toujours notre potentiel, cela n'a rien à voir avec une gestion inefficace de nos neurones.

Il y a des limites à l'entraînement cérébral…

Mais jusqu'à quel point ce potentiel s'étend-il ? Ce qui est fallacieux dans la notion d'entraînement cérébral, c'est moins l'idée de base que la façon dont elle est exploitée. Bien sûr, si nous ne pouvions pas évoluer sur le plan cognitif, nous ne passerions pas des années à nous former, à tester de nouveaux sports, de nouveaux *hobbys*, ou encore à consulter un orthophoniste ou un neuropsychologue au besoin. Le problème est que sous couvert du potentiel d'évolution de notre cerveau, on cherche à nous vendre des programmes de stimulation cérébrale… Le plus souvent avec des promesses démesurées, et sans professionnels pour superviser le tout ! Même dans un contexte très cadré, l'entraînement cérébral pourrait

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

38_39_SHUM310.indd 38 29/11/2018 16:43


Dante1969/Adobe

d'ailleurs présenter des limites. En 2010, un neuroscientifique britannique, Adam Owen, avait déjà montré que l'amélioration des performances aux « *brain games* » (les jeux de stimulation cérébrale) n'était corrélée ni à une amélioration du QI, ni à une augmentation des capacités de la mémoire. Récemment, la même équipe a publié les résultats d'une expérience permettant de comprendre cette « inefficacité ». La réalité ? Les bénéfices liés à l'entraînement cognitif seraient très peu transférables. Autrement dit, à force de vous entraîner au même « jeu cérébral », vous deviendrez meilleur à ce jeu, mais pas plus performant qu'un « novice » pour réussir une autre tâche non familière, et certainement pas plus compétent sur le plan cognitif au sens large.

Mais on peut apprendre toute la vie !

En revanche, quel plaisir d'apprendre ! Et pour cela, il n'y a pas d'âge. On pense souvent qu'il existe des périodes « critiques » de développement du cerveau. Une sorte de date de péremption : soit on agit avant, soit il est trop tard. On parle, notamment, du mythe des 3 ans, qui voudrait que le cerveau soit en grande partie formé à cet âge et qu'à partir de ce moment, le potentiel cérébral soit plus ou moins figé, avec un nombre de neurones qui commence à baisser inéluctablement. Par ailleurs, on entend souvent les adultes dire qu'il est trop tard pour apprendre. En réalité, il existe des périodes sensibles de développement de certaines parties du cerveau, ce qui rend d'autant plus importante la stimulation précoce. Mais le cerveau continue à se développer jusqu'à l'âge adulte, notamment dans les régions frontales qui restent longtemps immatures. Ainsi, il ne sert à rien de vous alarmer de cet « âge auquel vos enfants commencent à perdre des neurones », car c'est une bonne chose : les circuits stimulés persistent et se renforcent pour donner des comportements plus automatiques, rapides et précis... tandis que les autres disparaissent pour « faire de la place ». L'un des phénomènes neuronaux favorisant cet apprentissage est la myélinisation : l'augmentation de la quantité de substance blanche autour des neurones fréquemment activés « ensemble », de sorte à faciliter la transmission de l'information. Et c'est possible tout au long de la vie. Même si le potentiel est plus limité après 25 ou 30 ans, âge auquel la myélinisation cérébrale peut encore être considérée comme incomplète (3).

Et sous toutes les formes

L'idée de base de la théorie des styles d'apprentissage est que l'on obtient de meilleurs résultats en faisant correspondre les modalités d'enseignement avec la préférence des étudiants en termes de modalité d'apprentissage (visuels, auditifs, kinesthésiques...). Ainsi, si l'on présente des images à un apprenant visuel, la mémorisation des notions devrait être meilleure. De nombreuses recherches ont été menées dans ce domaine (quels liens entre les styles d'apprentissage des étudiants infirmiers et leur esprit critique), mais peu d'études sont construites autour de la question : est-ce que la notion même de style d'apprentissage est valide ? En fait, nous serions bel et bien capables d'exprimer de façon stable une préférence en termes de modalité d'apprentissage, et il existerait en effet des différences interindividuelles dans la gestion de l'information selon ces modalités. Mais la partie la plus importante, soit l'équation « modalité de préférence = succès pédagogique », reste nébuleuse. Malgré cela, la plupart des enquêtes menées auprès des enseignants, tous cycles confondus, laissent à penser que les styles d'apprentissage constituent une vérité commune dans le monde de l'éducation. Il ne faut donc pas sous-estimer les implications de cette idée. Si varier les modalités d'apprentissage est inoffensif, voire intéressant d'un point de vue cognitif, il ne s'agit ni d'étiqueter à outrance les élèves, ni de se laisser « embobiner » par les nombreux dérivés commerciaux. ■

(1) **Michael Corballis**, « Left brain, right brain. Fact and fantasies », *PloS Biology*, vol. XII, n° 1, janvier 2014.
(2) **Philip Newton**, « The learning styles myth is thriving in higher education », *Frontiers in Psychology*, n° 6, 2015.
(3) **Douglas Fields**, « White matter matters », *Scientific American*, n° 298, mars 2008.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

38_39_SHUM310.indd 39 29/11/2018 16:43


The Natural History Museum/Alamy

Crâne d'Homo sapiens découvert à Djebel Irhoud.

Le cerveau humain a-t-il évolué ?

Oui ! Le cerveau d'*Homo sapiens* est le fruit de 300 000 ans d'histoire, au cours desquels il a évolué, changé de volume, de forme et de facultés...

Jean-François Bouvet
Docteur en neurobiologie.

Pour ce que l'on en connaît, l'histoire du cerveau d'*Homo sapiens* commence au Maroc, sur le site de Djebel Irhoud, où l'on a découvert les plus anciens crânes de notre espèce. Ces fossiles, dont l'existence a été révélée en 2017, ont été datés d'environ 300 000 ans, époque où le Sahara n'existait pas et où l'Afrique était entièrement verte. Qu'il s'agisse de ces crânes ou d'autres plus récents, on n'y trouve pas de cerveau. Composée aux trois quarts d'eau, cette masse molle ne se fossilise pas. Seule une étude approfondie de la cavité crânienne et des empreintes qu'y laissent les structures cérébrales peut permettre de préciser les étapes évolutives du cerveau d'*Homo sapiens*.

C'est à cette tâche complexe que se sont récemment attelés Simon Neubauer, Jean-Jacques Hublin et Philipp Gunz, trois paléoanthropologues de l'institut Max Planck à Leipzig (1), déjà impliqués dans l'étude des fossiles de Djebel Irhoud. Ces chercheurs ont utilisé la tomographie assistée par ordinateur (scanner) pour obtenir des empreintes virtuelles de la cavité crânienne, qualifiées d'endocastes. Et c'est l'analyse statistique d'endocastes de crânes d'âges variés qui leur a permis de reconstituer en 3D les différentes phases de l'histoire de notre cerveau. À la lumière de leurs travaux (2), il s'avère que le cerveau d'*Homo sapiens* passe progressivement, au cours de ses 300 000 ans d'histoire, d'une forme allongée d'avant en arrière à une forme plus globulaire – cette « globularisation » allant de pair avec le renflement progressif des zones pariétales et du cervelet.

Le cervelet : mémoire et langage

Situé sous la partie postérieure des hémisphères cérébraux, le cervelet est un organe dont l'importance fonctionnelle a été longtemps sous-estimée. S'il ne représente que 10 % du volume du cerveau, il renferme plus de la moitié de ses neurones. Le cervelet n'est pas seulement impliqué dans des fonctions telles que la coordination des mouvements ou la gestion de l'équilibre ; il l'est également dans la mémoire de travail, cette

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

40_41_SHUM310.indd 40 29/11/2018 16:44



mémoire à court terme qui nous permet de stocker et de manipuler temporairement des informations en vue de réaliser une tâche particulière, tel un raisonnement; il l'est aussi dans la cognition sociale et le traitement des émotions; il l'est encore dans le langage, fonction humaine s'il en est. La majeure partie du cervelet est engagée dans un dialogue avec d'autres structures du cerveau. L'organe a été décrit comme un «filtre adaptatif», capable de régler finement les actions et de les adapter au contexte – une faculté d'adaptation évidemment fondamentale pour une espèce aussi sociale et colonisatrice de nouveaux territoires que l'est *Homo sapiens*.

Les autres parties du cerveau qui «enflent» au cours de l'évolution sont les zones pariétales situées, comme leur nom l'indique, sous les parois latérales du crâne. Comme le cervelet, les zones pariétales sont impliquées dans des fonctions variées: attention, perception des *stimuli*, conscience de soi, orientation, mémoire à court et à long terme, planification... Elles le sont particulièrement dans le traitement des quantités numériques et l'utilisation des outils, domaines qui, s'ils ne sont pas le propre de l'homme, sont de ceux où il excelle et dans lesquels il ne cesse de se perfectionner.

Les premières peintures pariétales

Les paléoanthropologues de l'institut Max Planck situent l'acquisition progressive de ses caractères «modernes» par le cerveau humain bien après le début de son histoire, quelque part entre - 100000 et - 35000 ans, période au cours de laquelle l'espèce *Homo sapiens* se répand largement en Europe et en Asie. Ceux qui, il y a environ 35000 ou 40000 ans, ont réalisé les premières peintures pariétales, fabriqué les premiers instruments de musique ou façonné les premières sculptures possédaient déjà un cerveau «moderne», pas très différent du nôtre. Et il en va de même pour l'homme de Cro-Magnon, vieux de 28000 ans, même si des études récentes ont montré que notre cerveau n'est pas strictement identique au sien: nos lobes pariétaux et notre cervelet ont continué à se développer, alors que la taille de notre cerveau a globalement diminué *(encadré)*.

Comment le cerveau humain évoluera-t-il? Bien malin qui pourrait le dire. Ce qui est sûr, c'est qu'il est soumis à des sollicitations, stimulations, apprentissages... bien différents de ceux qu'ont connus ceux qui vivaient près de la grotte de Lascaux il y a 18000 ans. Or, si l'on se cantonne à l'échelle de la vie humaine, cette pression environnementale n'est pas sans effet sur l'organisation du cerveau d'un individu. L'une des caractéristiques fondamentales de l'organe pensant est en effet qu'il peut développer telle ou telle de ses parties en réponse aux interactions avec son environnement. Une plasticité particulièrement sollicitée de nos jours – école, réseaux sociaux, jeux vidéo, etc. Il suffit d'aller dans un bar, la rue, le métro, ou tout autre lieu où l'on pianote frénétiquement, pour constater que le *smartphone* est devenu une sorte d'appendice du cerveau humain – un petit environnement personnel à portée de main avec lequel il ne cesse d'interagir. C'en est au point que certains préconisent l'implantation de puces électroniques dans le cerveau pour lui donner un accès direct à l'information et «augmenter» ses capacités... Une technique hasardeuse censée «booster», hors évolution, le cerveau humain. ■

Un cerveau qui se recroqueville

Plus d'1,80 m: telle était, semble-t-il, la taille moyenne des hommes du Paléolithique supérieur dont les populations se sont déployées en Europe il y a quelque 40000 ans. En revanche, il y a 10000 ans, au Néolithique, *Homo sapiens* était plus petit que nous. Dans ces variations de stature sur de longues périodes on peut voir, du moins pour partie, l'effet de la sélection naturelle. N'oublions pas que notre espèce est venue d'Afrique; une taille élancée, permettant de mieux évacuer la chaleur par transpiration, y est un atout. En revanche, lorsque les conditions climatiques se dégradent et que les ressources alimentaires se raréfient, les individus plus trapus, à moindres besoins énergétiques et plus faibles déperditions thermiques, ont plus de chances de survivre et de se reproduire. Ces fluctuations successives de la stature d'*Homo sapiens*, jusqu'à celle, intermédiaire, que nous connaissons aujourd'hui, ont affecté le volume de son cerveau. Ainsi le nôtre est-il de 15 à 20% plus petit que celui de Cro-Magnon. C'est grâce à l'analyse comparative de scans de crânes datant de 30000 ans ou de l'époque actuelle que des chercheurs ont pu reconstituer en 3D les changements de taille et de forme ayant affecté notre cerveau. Lequel s'est en quelque sorte ratatiné, perdant depuis Cro-Magnon environ 7% en longueur, 4% en hauteur et 5% en volume. Inquiétant? Non, pas vraiment, car ce recroquevillement a pu favoriser la formation de replis supplémentaires du cortex cérébral. Et parce que l'«intelligence» dépend avant tout du nombre de synapses qu'établissent entre eux nos quelque 86 milliards de neurones. ■ J.-F.B.


DR

(1) Simon Neubauer *et al.*, «Modern human brain organization emerged only recently», Max-Planck-Gesselschaft, 24 janvier 2018.

(2) Simon Neubauer, Jean-Jacques Hublin et Philipp Gunz, «The evolution of modern human brain shape», *Science Advances*, vol. IV, n° 1, janvier 2018.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

40_41_SHUM310.indd 41 29/11/2018 16:44

Conscience, où es-tu ?

Les progrès de l'imagerie cérébrale ont relancé l'espoir de pouvoir définir et localiser la conscience. Mais la science n'a pas encore épuisé ce mystère.

Sébastien Montel
Professeur de psychopathologie et neuropsychologie à l'université Paris-VIII, il a entre autres publié *11 grandes notions de neuropsychologie clinique*, Dunod, 2016.

Chaque soir, lorsque je m'assoupis, ma conscience s'éteint. Je ne ressens plus rien jusqu'au matin suivant quand, de retour dans le monde réel, ma conscience émerge à nouveau. La vie quotidienne est pleine d'expériences similaires. Lorsque j'ai été opéré sous anesthésie, ma conscience a été interrompue, puis restaurée après l'opération. Que dire du traumatisé crânien, pour qui la conscience s'enfuit pendant des jours, des semaines, voire des années ?

Mais en fait, la conscience, qu'est-ce que c'est ? La définir n'est pas simple. Les Anglo-Saxons utilisent même deux termes distincts, l'éveil (*arousal*) et la conscience proprement dite (*awareness*). Aujourd'hui, on s'accorde à dire que la conscience est cette capacité de nous rapporter subjectivement nos propres états mentaux. Les recherches actuelles montrent que chaque aspect de notre pensée, y compris la prise de conscience, est le résultat d'opérations chimiques et électriques réalisées dans le cerveau.

Le neuroscientifique Stanislas Dehaene (1) a cherché à savoir ce qui se passe quand nous prenons conscience d'une information, qu'il s'agisse d'un élément visuel, sonore, ou d'un souvenir qui resurgit. Pour y parvenir, il a eu recours à des expériences qui consistent à présenter un mot écrit pendant une durée très brève, et à l'intercaler entre deux images de nature différente. Bien que le mot soit perçu par notre système visuel, il demeure invisible à notre conscience si sa durée est inférieure à 50 millisecondes (2). En revanche, si sa durée excède 60 millisecondes, le mot accède à la conscience (3), et l'observateur affirme l'avoir vu. Lorsque la durée de présentation du mot est juste au seuil, soit aux alentours de 50 millisecondes, l'observateur le verra à peu près une fois sur deux.

L'espace de travail conscient

Le chercheur a observé que la présentation subliminale autant que la présentation supraliminale du mot faisaient l'objet d'un traitement approfondi par le cortex visuel. Cependant, ce qui est remarquable est que lorsque le mot accède à la conscience, on observe un embrasement intense et soudain des régions pariétales et préfrontales des deux hémisphères du cerveau. S. Dehaene et son équipe ont retrouvé cet embrasement chaque fois que la personne prenait conscience d'une information, peu importe sa nature. Pour lui, cet embrasement d'un réseau cérébral particulier, qu'il appelle « l'espace de travail conscient », représente une signature caractéristique de l'accès à la conscience. Il s'agit d'*« un système qui permet de garder en tête une information et de l'aiguiller vers tous les systèmes qui peuvent s'en servir, en particulier les aires du langage »*.

Lionel Naccache, un autre neuroscientifique qui s'intéresse a la conscience, a réalisé des expériences avec des patients épileptiques porteurs d'électrodes intracrâniennes (4). Des mots leur étaient présentés visuellement afin d'identifier une signature cérébrale de la prise de conscience de l'environnement visuel. Les résultats obtenus montrent qu'il existe deux temps dans la perception. Le premier temps est toujours inconscient, et dure à peu près deux dixièmes de seconde. Le second n'est pas automatique, et c'est lui qui correspond à la prise de conscience. Entre le moment où le patient lit le mot sur l'écran et le moment où il a conscience de ce mot, il se passe

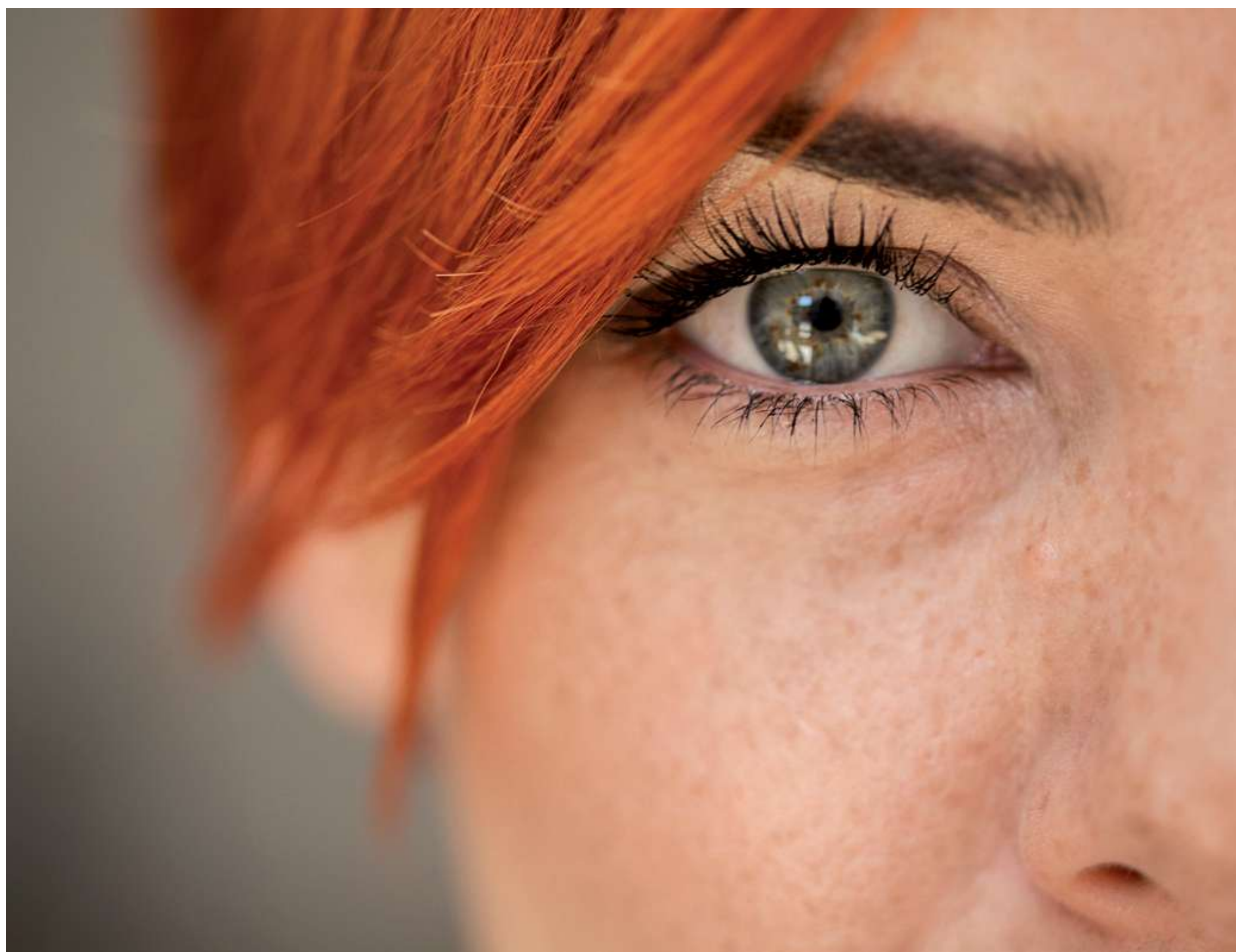
Conscience et coma

Le coma est défini comme la perte prolongée de la conscience et de la sensibilité. Le comateux peut-il avoir quelque accès à la conscience ? Stanislas Dehaene a cherché à répondre à cette question en présentant à quelques patients en état végétatif une série de sons identiques, interrompue soudainement par un son incongru. L'irruption du nouveau son déclenchait dans le cerveau de certains patients un embrasement cortical global, soit le signe que l'anomalie sonore était devenue consciente. Des enregistrements d'EEG (1) de haute densité ont montré que le partage d'informations est considérablement réduit chez les patients en état végétatif, comparativement à ce qui se passe chez les patients conscients ou les sujets sains. ■ S.M.

(1) L'outil physiologique le plus important pour évaluer la conscience à partir de l'exploration du cerveau a été, et continue d'être, l'électroencéphalographie, ou EEG.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

42_43_SHUM310.indd 42 29/11/2018 16:44



Boggy22/Getty

entre 200 à 250 millièmes de seconde. Dans cette étude, les auteurs ont mesuré expérimentalement le temps du trajet de la conscience dans le cerveau, et ont pu conclure qu'il n'existe pas de localisation précise de la conscience, mais un chemin d'activité cérébrale qui va de l'arrière à l'avant du crâne puis de l'avant vers l'arrière.

Les bébés sont déjà conscients

À quel âge est-on conscient ? La conscience est-elle dépendante du niveau de développement ? Les travaux de S. Dehaene nous éclairent sur cette question. Il a étudié la conscience des bébés de 2 mois. Qu'a-t-il observé ? La même série d'étapes menant à la prise de conscience que chez l'adulte : une activité dans les régions visuelles témoignant du traitement des images présentées au bébé, suivie d'un embrasement global du cerveau. Peut-on dès lors conclure qu'il n'y a aucune différence dans la prise de conscience de l'adulte et du nourrisson ? Non, en réalité les choses se compliquent un peu dans ce cas, car la prise de conscience chez le bébé survient beaucoup plus tard que chez l'adulte. Comment l'expliquer ? La maturité cérébrale serait bien à l'origine de cette différence. En effet, les grands faisceaux de connexion qui forment l'espace de travail conscient sont présents dès la naissance, mais comme ils sont encore peu myélinisés (5), l'influx nerveux voyage beaucoup moins rapidement.

Malgré toutes nos avancées depuis l'époque de Descartes, qui avait posé comme principe que la conscience est une sorte d'esprit immatériel non soumis aux lois physiques, nous ne disposons toujours pas d'une explication scientifique complète et satisfaisante de la conscience. Nous sommes incapables de la quantifier et de la localiser précisément. Dans ces conditions, comment savoir si les êtres vivants non humains, qui ne peuvent communiquer avec nous, sont également conscients ? Comment savoir quels êtres vivants ont une plus grande conscience que les autres ? Si l'on se rapporte à la définition donnée au début de cet article, peut-on vraiment parler de conscience pour les êtres vivants dépourvus de langage ? Il est quasiment impossible de répondre à ces questions si l'on ne peut mesurer la conscience… ■

(1) **Stanislas Dehaene,** *Consciousness and the Brain. Deciphering how the brain codes our thoughts*, Viking, 2014. Cet ouvrage nous invite à explorer notre cerveau inconscient jusqu'aux formes les plus élaborées de ce que l'on nomme la conscience humaine.

(2) **Dans ce cas,** on dit qu'il est subliminal.

(3) **Dans ce cas,** on dit qu'il est supraliminal.

(4) **Cette méthode** permet d'enregistrer l'activité du cerveau avec une précision beaucoup plus fine que les autres méthodes d'imagerie cérébrale classiques.

(5) **La myéline** protège et isole certaines fibres nerveuses. Elle permet également d'augmenter la vitesse de propagation de l'influx nerveux.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

42_43_SHUM310.indd 43 29/11/2018 16:44



MNStudio/Adobe

Comment le cerveau apprend-il ?

Dès la naissance, le petit humain observe son environnement de façon irrépressible. Son cerveau se développe au fil de ses expériences, évolue, ses circuits se diversifient et se spécialisent, et fabrique des automatismes efficaces, mais qui peuvent aussi nous induire en erreur !

Grégoire Borst
Professeur de psychologie du développement et de neurosciences cognitives de l'éducation à l'université Paris-V. Directeur adjoint du Laboratoire de psychologie du développement et de l'éducation de l'enfant, CNRS.

Le bébé vient au monde armé d'une fantastique machine à apprendre : son cerveau, qui, très tôt déjà, lui permet de détecter certaines régularités dans son environnement. Le bébé apprend par essais-erreurs, en testant concrètement et systématiquement les limites des régularités observées dans son environnement, comme un scientifique (1). Ces premiers apprentissages lui permettent, quelques mois après sa naissance, d'acquérir tout un arsenal de connaissances riches et complexes sur les propriétés physiques des objets et de leurs déplacements dans l'espace, sur le nombre et les opérations arithmétiques, sur les agents et leurs actions, et sur les principes géométriques de l'environnement (2). Les compétences précoces et implicites du bébé laissent des traces dans son cerveau en créant de nouvelles connexions, et/ou en renforçant les connexions existantes entre les neurones des régions qui doivent travailler ensemble. Ces apprentissages sont donc sous-tendus par des mécanismes de plasticité cérébrale qui entraînent des transformations dans les réseaux de neurones activés, dans les fibres nerveuses qui relient les différentes aires cérébrales, et dans le cortex, dont l'épaisseur augmente sous l'effet de la multiplication des connexions.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

44_45_SHUM310.indd 44 29/11/2018 16:44



Au-delà de ces apprentissages, le cerveau humain doit également acquérir des outils culturels comme la lecture et l'écriture, relativement récents à l'échelle de la phylogenèse (évolution des espèces) : 5 400 ans pour l'écriture, par exemple. Ces productions culturelles n'ont pas entraîné des modifications de notre patrimoine génétique qui permettraient à notre cerveau de posséder, à la naissance, une zone spécifique pour décoder visuellement les lettres et les mots.

Le bricolage neuronal

Au cours de l'apprentissage de la lecture, des neurones du système visuel, impliqués dans la reconnaissance générale des objets, des visages et des animaux, se spécialisent donc progressivement dans la reconnaissance visuelle spécifique des lettres et des mots (3). Ce « bricolage » neuronal s'accompagne souvent de petites erreurs, que le cerveau doit corriger : des confusions possibles pour les lettres dont l'image en miroir évoque une autre lettre (b/d ou p/q). Ces difficultés sont liées aux propriétés intrinsèques des neurones qui se spécialisent dans la reconnaissance des lettres, et qui ont la particularité de répondre de manière identique à la présentation d'un objet et de son image en miroir. Un avantage pour reconnaître des objets, mais un réel inconvénient pour de telles lettres… La partie préfrontale du cerveau-lecteur doit donc apprendre à bloquer cette propriété, pour éviter de confondre un b et un d (4). Le contrôle de ces automatismes, hérités du bricolage neuronal, reste nécessaire quelle que soit l'expertise en lecture (5).

Ne pas toujours céder aux automatismes…

Nos automatismes sont donc créés aussi bien par l'observation de régularités dans notre environnement que par les bricolages neuronaux nous permettant d'acquérir des outils culturels. Apprendre à les contrôler constitue un enjeu pour notre cerveau, à tous les âges, et pas seulement dans le cadre de la lecture (6). Imaginons, par exemple, que vous deviez très rapidement résoudre le problème suivant : un magazine et une pomme coûtent 11 euros. Le magazine coûte 10 euros de plus que la pomme. Quel est le prix de la pomme ? Il est fort probable que la première réponse qui vous soit venue à l'esprit est qu'elle vaut 1 euro. Mais c'est une erreur ! La pomme coûte 50 centimes. Notre cerveau se laisse piéger par l'énoncé du problème. Pour ne pas tomber dans le piège, il doit apprendre à résister à un automatisme qui tend à effectuer une soustraction quand l'énoncé comporte le terme « plus que ». Le cerveau, de par sa capacité à se transformer et à se reconfigurer, nous permet d'être flexibles et de résister à nos automatismes quand ils nous conduisent à des erreurs, comme dans ce contexte.
Cette perspective biologique des apprentissages, parfois taxée de réductionniste, doit intégrer le contexte dans lequel le cerveau apprend. C'est l'enjeu des recherches actuelles. Au sein du Laboratoire de psychologie du développement et de l'éducation de l'enfant, à la Sorbonne, les chercheurs travaillent en collaboration avec un réseau d'écoles, pour évaluer finement les interventions pédagogiques susceptibles de combattre l'effet de la pauvreté sur le cerveau en développement des enfants et des adolescents (7). ■

100 milliards de neurones !

Le cerveau est un organe plissé qui se compose de 86 à 100 milliards de neurones, connectés entre eux par 100 millions de milliards de synapses. Chaque neurone est composé d'un corps (soma), d'une fibre nerveuse (axone) et de petites antennes (dendrites), qui lui permettent de recevoir et d'émettre des informations (influx nerveux).
La substance grise, où se concentre l'essentiel du corps des neurones et des dendrites, constitue la couche externe du cerveau (cortex). La substance blanche est due à la gaine de myéline (couche de gras) entourant les axones pour accélérer la vitesse de l'influx nerveux (jusqu'à 100 mètres par seconde, soit la vitesse d'un TGV).
Le cerveau comporte deux hémisphères (gauche et droit) reliés entre eux par le corps calleux (réseau dense de fibres nerveuses assurant la communication des informations entre ces hémisphères), et de six lobes (occipital, temporal, pariétal, frontal, insulaire, limbique).
Si chaque lobe est spécialisé dans certaines activités mentales, le cerveau fonctionne en réseau : différentes aires cérébrales sont impliquées dans différents processus mentaux indépendamment de leur degré de complexité. L'ensemble forme un système beaucoup plus complexe qu'Internet et qui a la particularité de pouvoir se reconfigurer, se réorganiser et se transformer sous l'effet de l'environnement, du contexte social et des apprentissages. Et ce, tout au long de la vie ! ■ G.B.

(1) Alison Gopnick, Andrew Meltzoff et Patricia Kuhl, *Comment pensent les bébés ?*, Le Pommier, 2005.
(2) Elizabeth Spelke, « Core knowledge », *American Psychologist*, vol. LV, n° 11, novembre 2000.
(3) Ghislaine Dehaene-Lambertz, Karla Monzalvo et Stanislas Dehaene, « The emergence of the visual word form. Longitudinal evolution of category-specific ventral visual areas during reading acquisition », *PLoS Biology*, vol. XVI, n° 3, mars 2018.
(4) Emmanuel Ahr, Olivier Houdé et Grégoire Borst, « Inhibition of the mirror-generalization process in reading in school-aged children », *Journal of Experimental Child Psychology*, n° 145, mai 2016.
(5) Grégoire Borst, Emmanuel Ahr, Margot Roell et Olivier Houdé, « The cost of blocking the mirror-generalization process in reading. Evidence for the role of inhibitory control in discriminating letters with lateral mirror-image counterparts », *Psychonomic Bulletin & Review*, vol. XXII, n° 1, février 2015.
(6) Teresa Iuculano *et al.*, « Cognitive tutoring induces widespread neuroplasticity and remediates brain function in children with mathematical learning disabilities », *Nature Communication*, n° 6, 2015.
(7) Olivier Houdé et Grégoire Borst, *Le Cerveau et les Apprentissages*, Nathan, 2018, et *Mon Cerveau*, Nathan, 2018.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

44_45_SHUM310.indd 45 29/11/2018 16:44



Olly/Adobe

Le cerveau se développe-t-il toute la vie ?

Son développement alterne des phases de grand chambardement et de périodes plus calmes, mais il ne stagne jamais.

Sébastien Montel

Professeur de psychopathologie et neuropsychologie à l'université Paris-VIII, il a entre autres publié *11 grandes notions de neuropsychologie clinique*, Dunod, 2016.

Notre cerveau est-il programmé pour évoluer au cours de notre existence ? Pour répondre à cette question, des chercheurs français et espagnols ont eu recours à 3000 IRM représentant tous les âges de la vie, du nourrisson à la personne très âgée. Ils ont suivi l'évolution de plusieurs structures cérébrales et des tissus composant le cerveau, comme la matière grise. C'est la première fois qu'un tel nombre d'IRM couvrant une si longue période de vie a été utilisé. Quels en sont les résultats majeurs (1) ? Que le cerveau féminin atteint en moyenne son pic de maturité 1 à 3 ans plus tôt que celui des hommes en fonction de la structure concernée. Et que le cerveau masculin, après 80 ans, s'atrophie plus vite que celui des femmes.

Big bang *in utero*

Comment notre cerveau se développe-t-il ? Les premières cellules nerveuses, ou neurones, se forment très tôt, dès le 28e jour de grossesse, alors que l'embryon n'est pas plus gros qu'un grain de riz. Le cerveau se développe alors à la vitesse grand V puisque 3000 nouveaux neurones sont construits à chaque seconde. Jusqu'à la fin de la grossesse, la cellule « mère » initiale produit plus de 100 milliards de cellules nerveuses, et un cerveau dont le poids est d'environ 400 grammes à la naissance. Les connexions entre les neurones vont ensuite s'établir, jusqu'à un million par seconde : ce vaste réseau continue à se développer bien après la naissance, jusqu'à la

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

46_47_SHUM310.indd 46 29/11/2018 16:44

puberté. Durant toute cette période, les connexions sont alors d'une immense plasticité, facilitant considérablement certains apprentissages comme l'acquisition d'une nouvelle langue.
S'il n'est pas encore totalement achevé à la naissance (seuls les cortex visuel et auditif étant quasiment matures), le cerveau des bébés n'en est pas moins extrêmement performant. À 8 mois, l'enfant est capable de résister à des distractions afin de rester concentré sur une stimulation plaisante. Dès 9 mois, il possède un système d'estimation des quantités lui permettant de réaliser des opérations simples. À 18 mois, il a acquis des notions de syntaxe lui permettant de comprendre le sens des mots, et de faire la distinction entre des phrases grammaticales et agrammaticales. Au fil des apprentissages de l'enfant, son cerveau continue de croître pour atteindre 1 200 grammes vers l'âge de 4 ans, ce qui ne représente qu'environ 200 grammes de moins que le cerveau d'un adulte.

De nouveaux neurones à tous âges

Le cerveau est-il capable de développer de nouveaux neurones ou est-il condamné à en perdre ? Il y a près d'un siècle, le physiologiste espagnol Santiago Ramon y Cajal affirmait que le cerveau adulte ne voyait naître aucun nouveau neurone. Pendant longtemps, les scientifiques ont même cru qu'à partir de 25 ans, le cerveau commençait à les perdre. On sait aujourd'hui que cette affirmation est fausse. En 2013, une étude suédoise (1) a pu confirmer, grâce à la datation au carbone 14, que de nouveaux neurones continuaient à se former notamment dans l'hippocampe, une région jouant un rôle clé dans la mémoire et la régulation des émotions, mais aussi dans la zone située sous les ventricules latéraux. Selon ces chercheurs, *« 700 nouveaux neurones sont ajoutés dans chaque hippocampe par jour, ce qui correspond à un renouvellement annuel de 1,75 % des neurones dans la fraction renouvelable, avec une légère diminution au cours du vieillissement ».* C'est ce que les scientifiques appellent le processus de neurogenèse, qui permet de nouveaux apprentissages tout au long de la vie. L'apprentissage favorise l'intégration des jeunes neurones aux circuits cérébraux pour établir de nouvelles connexions.
Pourtant, une étude récente publiée dans *Nature* vient contredire ces résultats. Pour Arturo Alvarez-Buylla, l'auteur, *« la neurogenèse dans l'hippocampe humain chute brutalement chez l'enfant pour atteindre des niveaux indétectables chez l'adulte ».* Toutefois, les experts se gardent bien de tirer des conclusions trop hâtives au regard de ces derniers résultats, soulevant des questions d'échantillonnage ainsi que la possibilité que les jeunes neurones ne répondent pas de la même façon aux marqueurs utilisés, chez l'adulte et chez l'enfant. ■ **S.M.**

(1) Kirsty Spalding *et al.*, « Dynamics of hippocampal neurogenesis in adult humans », *Cell*, vol. CLVI, n° 6, juin 2013.

Plastique variable toute la vie

Bien sûr, la croissance la plus spectaculaire du cerveau s'observe dans l'utérus. Mais il continue d'évoluer tout au long de la vie : le cerveau sain est comme un muscle qui se nourrit du changement, mais s'atrophie si l'on ne s'en sert pas. Son développement est marqué par deux grandes vagues d'intenses remaniements : si la première a lieu très précocement, à la fin du développement fœtal et durant la petite enfance, la seconde se déroule à l'adolescence, période de grands chamboulements hormonaux. Les zones sous-corticales, siège des émotions et des sensations, du système de récompense et du plaisir, se développent les premières, alors que les régions du cortex préfrontal, associées à des fonctions cognitives dites supérieures, comme le raisonnement rationnel, connaissent un développement moins tardif que les fonctions « exécutives », ou de contrôle du comportement. Cette zone sous-tendant les fonctions « exécutives », ou de contrôle du comportement, atteindrait même sa maturité à l'âge de 30 ans ! Ce qui expliquerait pourquoi les adolescents éprouvent parfois des difficultés à contrôler leurs émotions… On observe par ailleurs, dans le cerveau des adolescents, une diminution de la matière grise et une augmentation de la matière blanche, appelée aussi myéline. Ce changement de la structure corticale est associé aux progrès des fonctions cognitives : amélioration du langage, de la lecture, et de la formation des souvenirs.

Spécialisation tardive

À l'âge adulte, la spécialisation des lobes corticaux est définitivement achevée. Le cortex préfrontal, arrivé à maturité, nous permet de prendre des responsabilités, de planifier et de définir des priorités. Les zones allant du tronc cérébral aux circuits limbiques, sièges des émotions, sont non seulement très développées, mais aussi fortement connectées au cortex préfrontal, permettant un meilleur contrôle des émotions. Certaines compétences comme la reconnaissance des émotions, la compréhension du vocabulaire, mais aussi la régulation du stress, semblent atteindre leur sommet entre 45 et 50 ans. La plasticité cognitive, même si elle est plus réduite chez la personne âgée, reste intacte jusqu'à la fin de la vie : il est par exemple toujours possible d'apprendre une nouvelle langue, même si cet apprentissage est certainement plus fatigant et plus laborieux que chez une personne jeune.
Mais alors, quand notre cerveau arrête-t-il de grandir ? La réponse est simple et tient en un seul mot : jamais ! ■

(1) Pierrick Coupé *et al.*, « Towards a unified analysis of brain maturation and aging across the entire lifespan : A MRI analysis, *Human Brain Mapping*, vol. XXXVIII, n° 11, juillet 2017.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

46_47_SHUM310.indd 47 29/11/2018 16:44

À chaque zone sa fonction ?

Une zone pour la production du langage, une pour la mémoire, une pour les émotions… Cette conception, héritée du 19e siècle, est aujourd'hui caduque…

Sébastien Montel

Professeur de psychopathologie et neuropsychologie à l'université Paris-VIII, il a entre autres publié *11 grandes notions de neuropsychologie clinique*, Dunod, 2016.

Parmi les conceptions erronées mais pourtant tenaces au sujet de notre cerveau, figure celle développée il y a plus de 150 ans à la suite des travaux de Paul Broca. Ce dernier, en 1861, avait étudié longuement les graves troubles du langage d'un de ses patients, et constaté, lors de l'autopsie, une lésion importante dans la partie postérieure du lobe frontal gauche : il en avait déduit, logiquement, que cette région devait être l'aire de la production du langage. Carl Wernicke alla dans le même sens quelques années plus tard en annonçant la découverte d'une aire de compréhension des mots, cette fois dans la partie supérieure du lobe temporal. Cependant, depuis plusieurs années déjà, la contribution de l'aire de Broca au langage est remise en question. Certains travaux montrent par exemple que l'aire de Broca devient silencieuse au moment où l'on produit les sons associés à un mot : elle serait plutôt impliquée dans l'intégration et la coordination d'informations en provenance de diverses autres régions du cerveau. Il est probable que l'aire de Broca s'active lorsqu'on se prépare à parler, et non quand on prononce les mots comme on le pensait auparavant.

L'erreur de Broca

Par ailleurs, certains patients peuvent très bien parler… sans aire de Broca ! Dans son livre *L'Erreur de Broca* (1), le neurochirurgien Hugues Duffau remet en question bon nombre d'idées reçues sur le cerveau : il raconte notamment comment l'ablation de la fameuse aire de Broca, afin d'éliminer une tumeur, n'a engendré aucune séquelle langagière chez 150 de ses patients, le cerveau ayant réorganisé ses connexions neuronales au fil du développement tumoral. Telle est la plasticité du cerveau, capable de se réparer lui-même. H. Duffau estime que le « localisationnisme », inventé par la phrénologie* et corroboré par P. Broca, est invalidé : pour lui, en aucun cas une région ou une zone du cerveau ne correspond à une fonction. De telles observations plaident pour un modèle « connexionniste », avec un réseau neuronal complexe. Une conception soutenue par des ouvrages comme *After Phrenology* (2) de Michael Anderson, où l'auteur rapporte une méta-analyse sur l'aire de Broca qui montre que cette région est plus souvent activée par des tâches non langagières que par des tâches reliées au langage… Et cela semble le cas pour la plupart des régions du cerveau : même de très petites zones sont souvent activées par de multiples tâches très variées. Le cerveau fonctionne dans une sorte de coopération fonctionnelle entre différentes régions, plutôt qu'en activant certaines régions uniques qui seraient dédiées à certaines tâches spécifiques.

Les connexions de la mémoire

Illustrons cela par l'exemple de la mémoire. La formation et la récupération de souvenirs s'accompagnent d'une modification des synapses* : ce sont des relations spécifiques entre neurones qui façonnent les souvenirs, et non des molécules ou des neurones de la mémoire. Par ailleurs, lorsque deux neurones ou deux systèmes de neurones sont activés simultanément et à plusieurs reprises, l'activation de l'un favorise l'activation de l'autre. Ce mécanisme de neurones activés par l'évocation d'un même sou-

MOTS-CLÉS

Phrénologie
Théorie développée par le médecin viennois Franz Josef Gall au début du 19e siècle, puis par ses disciples, affirmant que les bosses sur notre crâne correspondaient à des traits de personnalités plus ou moins développés. L'exemple le plus célèbre est celui de la « bosse des maths »…

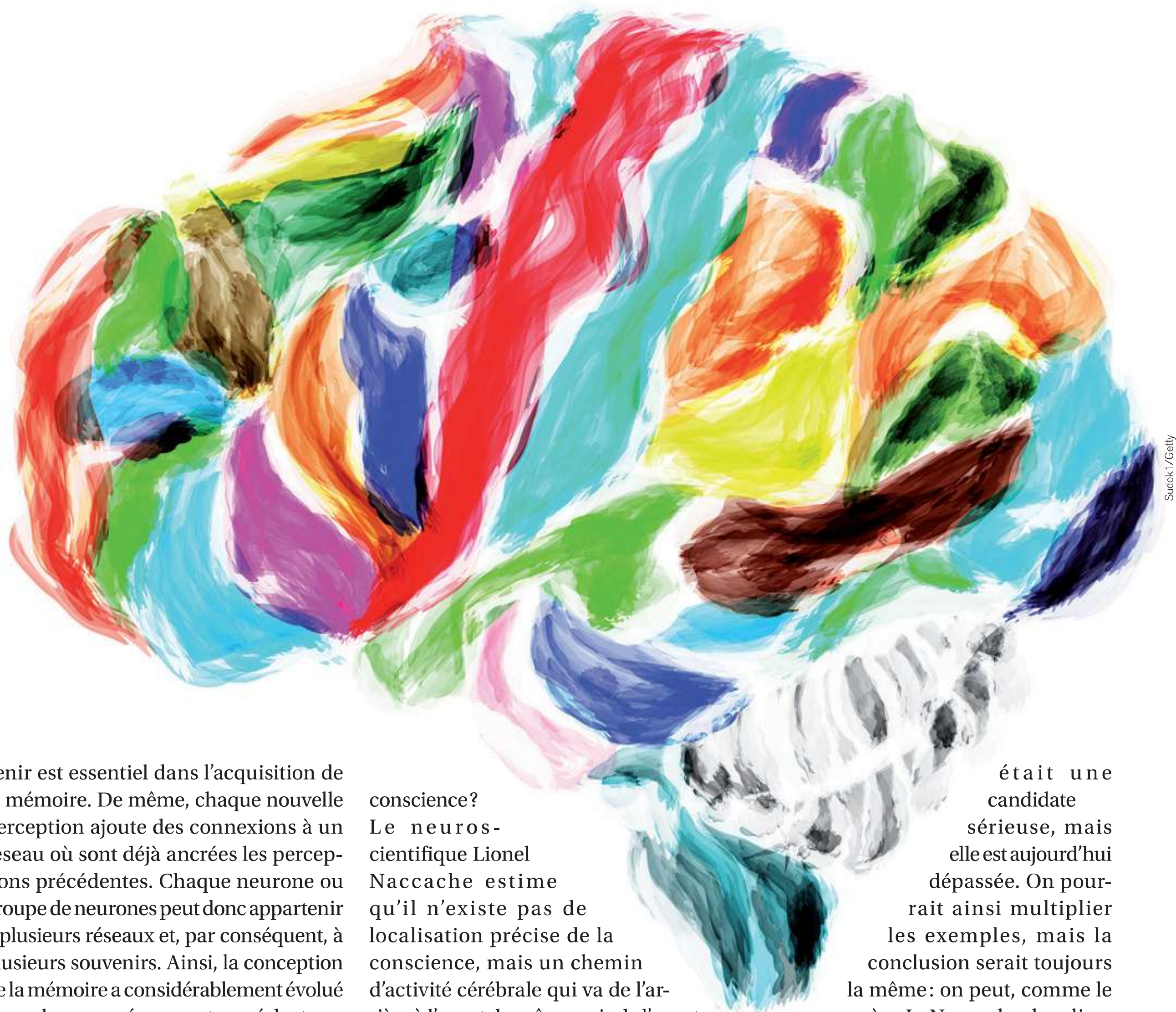
Synapse
Zone de contact entre deux neurones où le message électrique reçu par l'un déclenche une réaction chimique à destination de l'autre.

Cerveau triunique
Cette théorie de Paul MacLean postulait que notre cerveau était divisé en trois structures majeures et indépendantes : cerveau reptilien assurant les fonctions organiques vitales, cerveau limbique sous-tendant nos émotions et néocortex voué aux fonctions intellectuelles et apanage des humains.

Axone
Prolongement d'un neurone qui assure la propagation d'une information électrique à ses voisins, ou à d'autres cellules, musculaires ou sensorielles par exemple. ■ S.M.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

48_49_SHUM310.indd 48 29/11/2018 16:45



venir est essentiel dans l'acquisition de la mémoire. De même, chaque nouvelle perception ajoute des connexions à un réseau où sont déjà ancrées les perceptions précédentes. Chaque neurone ou groupe de neurones peut donc appartenir à plusieurs réseaux et, par conséquent, à plusieurs souvenirs. Ainsi, la conception de la mémoire a considérablement évolué en quelques années: on est passé de structures cérébrales limitées, dédiées à des mémoires particulières, à des systèmes de neurones, tous doués de mémoire.
Un autre exemple est celui de la conscience *(p. 42)*. Peut-on localiser la conscience? Le neuroscientifique Lionel Naccache estime qu'il n'existe pas de localisation précise de la conscience, mais un chemin d'activité cérébrale qui va de l'arrière à l'avant du crâne, puis de l'avant vers l'arrière.
Et les émotions? Depuis plus d'un siècle, on cherche les structures cérébrales qui en seraient responsables. La théorie du cerveau triunique* de P. MacLean était une candidate sérieuse, mais elle est aujourd'hui dépassée. On pourrait ainsi multiplier les exemples, mais la conclusion serait toujours la même: on peut, comme le suggère L. Naccache, localiser un chemin d'activation, sans pour autant pouvoir localiser précisément une fonction dans le cerveau. Les fonctions cérébrales ne sont pas localisées dans telle ou telle région spécialisée, mais résultent de la mise en réseau de plusieurs épicentres actifs disséminés en divers points de la surface de notre cortex.
Ces épicentres sont reliés entre eux par des faisceaux de fibres blanches situées plus en profondeur et rassemblant les axones* des neurones. Notre cerveau est donc traversé par une multitude de réseaux parallèles, capables de fonctionner simultanément mais connectés entre eux en certains points névralgiques, multimodaux, et combinant leurs capacités lorsqu'il s'agit d'exécuter des fonctions plus complexes. ■

Plasticité du cerveau: trois niveaux

- **La plasticité synaptique. La zone de contact entre deux neurones change au fil du temps: elle naît, se renforce, s'affaiblit, meurt. Cette plasticité synaptique contribue à l'apprentissage tout au long de la vie.**
- **La plasticité neuronale. La plasticité neuronale (ou «neurogenèse») représente un vrai «*big bang*» au stade fœtal. Puis les neurones migrent, s'arborisent, se spécialisent, tissent leur réseau synaptique et s'enduisent d'une couche de myéline pour communiquer rapidement.**
- **La plasticité des aires cérébrales. On a découvert qu'en cas de tumeur, par exemple, des fonctions peuvent se déplacer au sein du cerveau. L'imagerie permet aussi de voir plusieurs petites zones s'activer simultanément, en réseau, lors d'une tâche. Ces découvertes ont conduit à l'abandon d'un modèle «localisationniste», au profit d'un modèle «connexionniste». On ne parle plus de «zones cérébrales», mais de «faisceaux». ■ H.L.**

(1) Hugues Duffeau, *L'Erreur de Broca. Exploration d'un cerveau éveillé*, Michel Lafon, 2016.
(2) Michael Anderson, *After Phrenology. Neural reuse and the interactive brain*, The Mit Press, 2014.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

48_49_SHUM310.indd 49 29/11/2018 16:45

Une connectique de l'intelligence ?

Les esprits brillants n'ont pas plus de neurones que les autres. Mais ils ont un atout : la fluidité et la flexibilité de leur « connectome », c'est-à-dire de leur réseau neuronal. Un terrain d'investigations passionnant pour les chercheurs.

Gabriel Wahl
Pédopsychiatre et écrivain.
Dernier livre paru : *Les Adultes surdoués*, Puf, coll. « Que sais-je ? », 2017.

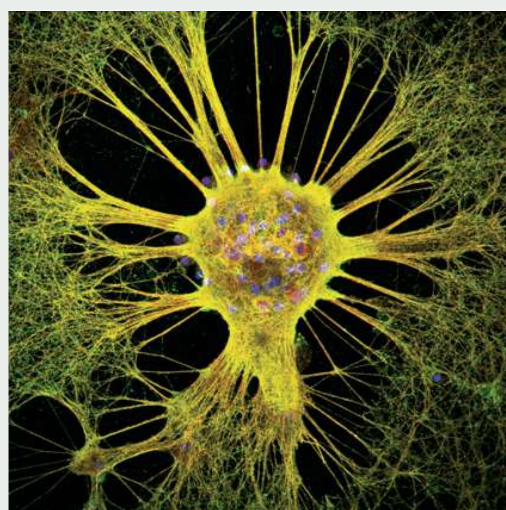
En 1861, le docteur Paul Broca reçoit à l'hôpital du Kremlin-Bicêtre, un patient nommé Leborgne mais surnommé « Tan », car il est aphasique et ne peut prononcer que cette seule syllabe. Peu de temps après son admission, cet homme décède et le P. Broca procède à une autopsie. Il découvre une lésion cérébrale localisée. Il établit un lien entre cette lésion et l'aphasie et déduit que cette aire cérébrale correspond au langage. Cette thèse, aujourd'hui contestée *(p. 48)*, aura eu au moins un mérite : elle a inauguré de nombreuses recherches topographiques du cortex cérébral. L'une des plus fameuse, dans les années 1930, est celle de Wilder Penfield. Ce neurochirurgien canadien observe, lors d'interventions chirurgicales, que la stimulation électrique de certaines aires du cortex provoque des sensations ou des mouvements corporels. Chaque aire a selon lui sa spécificité : certains neurones seraient spécialisés dans la sensibilité de nos doigts, de notre langue, de notre nuque, etc. Il établit ainsi une cartographie « somatotrope », les homoncules ou *homonculus*, une sorte d'atlas permettant de situer les fonctions motrices et sensitives sur le cortex *(fig. p.51)*. On notera aussi, au passage, que dans les représentations classiques de W. Penfield, le pénis et le clitoris sont pudiquement absents, bien que de récentes découvertes aient permis d'en préciser la somatotopie corticale, plus proche des pieds que du périnée (ce qui pourrait légitimer l'expression « prendre son... »).

182 vétérans de la guerre du Vietnam porteurs d'une lésion cérébrale

Mais W. Penfield va plus loin. Selon lui, la stimulation électrique du cortex

Du neurone au connectome

Chaque neurone est connecté à plusieurs milliers de neurones, ce qui correspond à un milliard de connexions par centimètre cube de cortex cérébral. On identifie plus de 150 aires cérébrales distinctes, participant d'une fonction spécifique ou partagée : aires sensorielles (visuelles, auditives…), aires motrices (mouvements) et associatives (fonctions cognitives). Et pour simplifier un peu la présentation, on retiendra aussi qu'il existe au moins une cinquantaine de types de neurones et plus d'une centaine de neuromédiateurs. Ce bel ensemble se construit sous le contrôle des deux tiers des 30 000 gènes qui composent le génome humain. Le neurone est l'unité première, mais le fonctionnement du cerveau dépend des connexions établies entre les réseaux de neurones. La neuroimagerie permet de découvrir la cartographie du « connectome » humain qui relie les aires cérébrales. ■ G.W.


Fabien Loustalot et Éric Kremer/IGMM/Inserm/CNRS

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

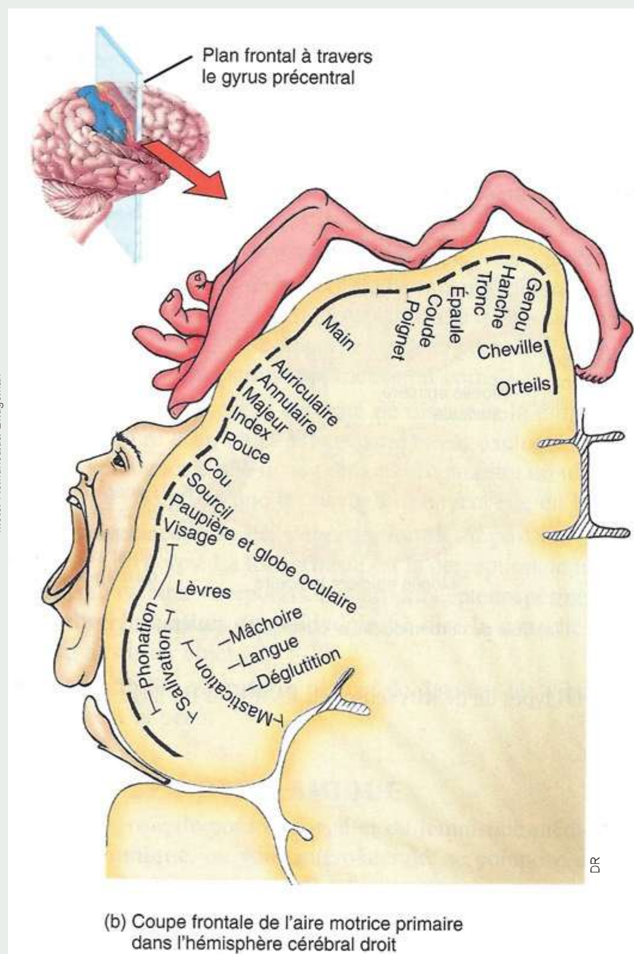
50_52_SHUM310.indd 50 29/11/2018 16:45

LES HOMONCULES DE WILDER PENFIELD



Motor Homunculus/Bridgeman

Dans les années 1930, le neurochirurgien Wilder Penfield montre que certaines parties de notre cortex sont « spécialisées » dans la sensibilité ou la motricité, ici de nos doigts, là de nos pieds, là de notre langue… Il dessine ces étranges « homoncules » (étymologiquement « petit homme »), l'un présentant les aires corticales de la motricité, l'autre les aires corticales de la sensibilité. Ces cartographies montrent que le corps se déploie sur le cortex, en proportion de sa richesse fonctionnelle et non de son importance pondérale.



DR

(b) Coupe frontale de l'aire motrice primaire dans l'hémisphère cérébral droit

provoque non seulement des mouvements ou des sensations, mais elle procure aussi des idées, des images ou des mélodies ainsi que des souvenirs (lobes temporaux). Il faut cependant attendre les années 1990, et le développement de la neuroimagerie pour que se dessine une cartographie succincte des fonctions cognitives. Plus récemment, en 2012, Aron Barbey a publié une étude (1) offrant une image précise de l'architecture neuronale de l'intelligence humaine. Pour ce faire, il a recruté 182 vétérans de la guerre du Vietnam porteurs d'une lésion cérébrale très localisée, condition impérative pour relier chaque voxel (pixel en 3D) de neuroimagerie avec une fonction cognitive précise (compréhension, raisonnement, mémoire, planification…). Les trois régions cérébrales les plus impliquées dans l'intelligence sont le cortex préfrontal gauche, le cortex temporal et le cortex pariétal ainsi que le claustrum, le « commandeur » de la conscience ou du sentiment d'être soi (2).

Ces travaux confirment aussi qu'aucune aire cérébrale ne peut fonctionner seule, sans connexion. Par exemple, regarder (aire visuelle du lobe occipital) un simple bouquet de fleurs fait intervenir une identification et donc nombre de connaissances conceptuelles et de références émotionnelles. C'est ce que montre l'imagerie cérébrale : l'intelligence emprunte différents réseaux cérébraux. A. Barbey distingue *« les réseaux qui codent les connaissances acquises, que nous appelons l'intelligence cristallisée et ceux correspondant au raisonnement adaptatif et à la résolution de problèmes, appelées intelligence fluide »*. Cependant, ces réseaux semblent plus efficaces s'ils sont allégés. Une recherche a montré que la densité den- ▶

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

Quatre mégaprogrammes de recherche

L'intelligence humaine est loin d'avoir livré tous ses secrets. D'ambitieux programmes de recherche laissent espérer de grands progrès pour les décennies à venir.

Le Human Connectome Project (HCP), mené par le National Institute of Health aux États-Unis, se donne pour ambition de cartographier le connectome humain, afin de «*mieux comprendre la connectivité anatomique et fonctionnelle du cerveau humain sain, et de produire un corpus de données qui facilitera la recherche sur les troubles cérébraux tels que la dyslexie, l'autisme, la maladie d'Alzheimer et la schizophrénie*».



Washington, 2 avril 2013. Barack Obama discourant à propos du Brain Initiative.

Doug Mills/The New York Times/Redux/Réa

Le Brain Activity Map Project: cartographier le cerveau. Il a été lancé en 2013 par le président Obama pour accélérer le développement et les applications de technologies innovatrices dans la compréhension du cerveau humain. Il doit notamment aider les chercheurs à comprendre les troubles neurologiques, comme la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson, la dépression et les lésions cérébrales traumatiques. Budget annuel: 100 millions de dollars.

Le Human Brain Project: recréer le cerveau sur ordinateur. C'est un programme scientifique pharaonique lancé par l'Union européenne, pour étudier le cerveau humain et «*simuler son fonctionnement grâce à un superordinateur, pour permettre de développer de nouvelles thérapies médicales sur les maladies neurologiques*». En d'autres termes: comprendre le cerveau, savoir le soigner, et s'en inspirer pour fabriquer de l'intelligence artificielle.

Le Allen Institute for Brain Science, centre de recherche fondé par Paul Allen (le cofondateur de Microsoft), se «*consacre à accélérer la compréhension du fonctionnement du cerveau humain*». ■ G.W.

http://portal.brain-map.org/

dritique (les dendrites sont les arborescences des neurones) est inversement proportionnelle au QI. Erhan Genc, l'auteur de cette étude (3) concluait: «*Les cerveaux intelligents sont caractérisés par un réseau neuronal ténu mais très efficace. Cela permet d'atteindre un haut niveau de réflexion tout en optimisant l'efficacité neuronale.*»

Perfection permanente

Ainsi, on peut distinguer des réseaux stables et robustes acquis au fil des années et que nous gardons toute la vie (langue maternelle, faire du vélo…) et des réseaux flexibles, plus fragiles mais plus adaptatifs. Et ce serait précisément la flexibilité des connexions neuronales qui caractériserait l'intelligence humaine. Les dernières recherches en imagerie cérébrale rejoignent ainsi l'intuition de Rousseau, pour qui l'homme se distingue des autres espèces par sa faculté à se perfectionner. C'est cette «*faculté qui, à l'aide des circonstances, développe toutes les autres tant dans l'individu que dans l'espèce, au lieu qu'un animal est au bout de quelques mois ce qu'il sera toute sa vie et son espèce au bout de mille ans ce qu'elle était la première année de ses mille ans*», précisait le philosophe (*Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité parmi les hommes*).

De nombreuses études ont montré que l'essentiel de nos expériences et de nos souvenirs modifie les connexions synaptiques (notamment en augmentant ou en diminuant le stock des neuromédiateurs) mais aussi les connexions cérébrales, c'est-à-dire le connectome. Notre identité, notre personnalité, nos capacités cognitives et émotionnelles seraient tout entières dans notre connectome. ■

(1) Aron Barbey *et al.*, «An integrative architecture for general intelligence and executive function revealed by lesion mapping», *Brain*, vol. CXXXV, n° 4, avril 2012.
(2) Agence Science.Presse, «La contribution du claustrum au sentiment d'être soi», en ligne.
(3) Erhan Genc *et al.*, «Diffusion markers of dendritic density and arborization in gray matter predict differences in intelligence», *Nature Communications*, n° 9, 2018.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

50_52_SHUM310.indd 52 29/11/2018 16:45



Salvador Dali (1904-1989), Le Rêve (1931).

Samantha Childs/Alamy

Pourquoi rêvons-nous ?

Inutiles, frivoles, incohérents nos rêves ? Au contraire, ils nous aideraient à penser, créer, trouver des solutions à nos problèmes et à forger des mécanismes d'adaptation à l'imprévu.

Delphine Oudiette

Chargée de recherche à l'Inserm, elle travaille à l'Institut du cerveau et de la moelle épinière à Paris où elle étudie le rôle du sommeil et des rêves dans les grandes fonctions cognitives, principalement la mémoire et la créativité.

Les humains, quelle que soit leur culture, passent environ deux tiers de leurs nuits à rêver. Malgré leur universalité, les rêves restent mal compris, en partie car ils sont très difficiles à capturer par la méthode scientifique. La question de pourquoi nous rêvons est encore férocement débattue. Quelles sont les théories scientifiques actuelles sur les fonctions des rêves ?

Un épiphénomène du sommeil ?

La première possibilité, décevante pour l'imagination, est que les rêves ne servent à rien. Dans une théorie influente, Allan Hobson et Robert McCarley suggèrent que les rêves sont un épiphénomène des propriétés électriques et chimiques du sommeil paradoxal, un peu comme la chute des corps est un sous-produit de la force gravitationnelle et n'a pas de signification en soi. D'après cette théorie, les rêves seraient générés par des volées de décharges aléatoires des neurones du tronc cérébral responsables de la génération du sommeil paradoxal. Ces ▶

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

53_55_SHUM310.indd 53 29/11/2018 16:45

Le rêve, cauchemar du chercheur

Étudier scientifiquement le rêve relève de la gageure, pour une raison triviale : quand nous rêvons, nous dormons ! Nous ne pouvons donc pas communiquer notre expérience onirique au moment où elle est vécue, ce qui pose plusieurs problèmes. Le chercheur est condamné à étudier les récits de rêves recueillis après coup. Or la mémoire n'est pas fiable : nos souvenirs ne sont pas des capsules temporelles préservant parfaitement l'expérience vécue, ils peuvent être déformés, reconstruits, oubliés, voire faussés. Deuxièmement, certains rêves ne sont tout simplement pas faciles à relater avec des mots. Troisièmement, les scientifiques ont peu ou pas de moyens pour influencer le contenu de nos songes. Cette difficulté limite grandement les possibilités expérimentales pour en étudier les corrélats cérébraux et les fonctions. ■ D.O.

▶ décharges projetteraient sur les structures cérébrales supérieures et ainsi activeraient des images, des sons, des mouvements et des émotions hétéroclites. Le cerveau, détestant l'ambiguïté, ferait son possible pour synthétiser ce joyeux désordre en un scénario qui fasse sens, en utilisant les informations stockées en mémoire. Ce modèle, qui a depuis été affiné pour prendre en compte le fait que les rêves ne sont pas cantonnés au sommeil paradoxal, explique en partie le caractère bizarre des rêves, mais ne permet pas de tirer des conclusions sur ses fonctions.

Psychothérapie nocturne ?

D'autres chercheurs se sont penchés sur les bienfaits potentiels des rêves. L'adage veut que le temps guérisse toutes les blessures. Et si le sommeil avait une fonction thérapeutique ? Nous avons tous pu constater que nous sommes plus irritables après une nuit blanche. L'américain Matthew Walker et ses collaborateurs ont confirmé cette intuition. Ils ont montré que la réponse cérébrale face à des images négatives choquantes était diminuée après une nuit de sommeil, alors que les sujets restés éveillés conservaient la même intense réactivité émotionnelle. Quel est le rôle des rêves dans ce processus ? On sait que trois quarts de nos rêves contiennent des éléments émotionnels, et que les émotions négatives – appréhension, confusion, tristesse, colère – sont surreprésentées. Selon le psychiatre canadien Tore Nielsen, cette réexposition à des évènements négatifs récents, combinés avec des éléments neutres dans le même rêve, permettrait de mieux digérer nos émotions, en ne conservant que l'information pertinente du souvenir et en ôtant son manteau émotionnel associé. Cette psychothérapie nocturne serait hautement personnelle : aucun des rêves de vétérans américains de retour aux États-Unis après que la bombe atomique a touché le Japon ne contenait de référence à cet évènement catastrophique de l'actualité, les rêves recueillis étaient majoritairement en relation avec les préoccupations personnelles des vétérans, un peu comme si nos rêves étaient une lettre à nous-mêmes contenant ce qui est important pour nous.

Une simulation des dangers à venir ?

Plus généralement, les rêves pourraient fonctionner comme une réalité virtuelle, permettant de simuler les menaces potentielles en toute sécurité et ainsi être mieux préparés à les éviter/affronter si elles se manifestaient dans la « vraie vie ». Une vaste étude sur les rêves des étudiants en première année de médecine corrobore cette hypothèse. Sur 700 étudiants interrogés, 60 % avaient rêvé du concours d'entrée la veille de le passer. De plus, dans 78 % des rêves liés au concours, les étudiants étaient en situation d'échec : leur réveil ne sonnait pas, le métro ne fonctionnait plus, le sujet était incompréhensible ou, plus étrange, il n'y avait plus de papier et il fallait écrire sur de la mie de pain ! Ces données confirment que le contenu de nos rêves est fortement influencé par nos préoccupations du moment et permet d'anticiper les problèmes possibles. Mais le résultat le plus intrigant était que plus les étudiants avaient rêvé du concours, mieux ils étaient classés par la suite ! De même, les rêves des femmes enceintes et des jeunes mamans, qui sont imprégnés de nombreux scénarios catastrophe sur la sécurité de leur bébé, pourraient être considérés comme adaptatifs dans le sens où ils avertissent de dangers potentiels et ainsi augmentent les chances de survie du bébé.

Activités éveillées et expériences oniriques

Dans tous les cas, il existe une grande continuité entre nos activités éveillées et nos expériences oniriques : les chercheurs estiment qu'au moins 65 % de nos rêves contiennent des éléments des jours précédents, sans pour autant être un copier-coller exact de nos expériences vécues. Il y a actuellement de nombreuses preuves scientifiques que le sommeil aide à stabiliser et renforcer nos souvenirs. Cette consolidation mnésique serait permise par la réactivation, au niveau neuronal, de nos apprentissages récents. Les rêves pourraient-ils accompagner ou même contribuer à ce processus ? Pour étudier la question, nous avons fait appel à des somnambules, qui extériorisent leur contenu mental en sommeil lent profond. Nous leur avons appris une sorte de chorégraphie qui consistait en une séquence de mouvements des bras suffisamment ample pour être visible en vidéo si elle était rejouée pendant le sommeil et suffisamment complexe pour qu'elle ne puisse pas être produite par hasard. Tous les somnambules étaient plus rapides à faire la séquence après avoir dormi une nuit, confirmant l'effet du sommeil sur la mémoire. En outre, nous avons observé une participante réexécuter une partie de la chorégraphie apprise alors qu'elle

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

53_55_SHUM310.indd 54 29/11/2018 16:45

était profondément endormie! Ce résultat, qui demande à être répliqué, suggère que des réactivations de nos souvenirs se produisent également au niveau cognitif lors des rêves. Dans une autre étude, des volontaires devaient apprendre à naviguer dans un labyrinthe virtuel et trouver la sortie le plus vite possible. Ceux qui avaient rêvé de cette tâche lors d'une sieste s'amélioraient beaucoup plus lorsqu'ils étaient retestés après la sieste que ceux qui n'en avaient pas rêvé. Le fait de penser à la tâche à l'éveil ne permettait pas une telle amélioration des performances.

Les rêves pour booster notre créativité?

Enfin, une dernière fonction des rêves pourrait être de nous porter conseil: en recombinant nos souvenirs de manière unique et flexible, les rêves permettraient d'envisager nos problèmes sous un angle inédit, de sortir de l'impasse et de stimuler des illuminations créatrices. Cette idée est au cœur de nombreuses anecdotes d'artistes, inventeurs et savants qui rapportent avoir été inspirés par un rêve. C'est le cas de Paul McCartney qui raconte avoir entendu la chanson *Yesterday* en rêve ou d'August Kekulé qui a découvert la structure du benzène après avoir rêvé d'un serpent qui se mordait la queue. La chercheuse Deirdre Barrett a testé cette hypothèse de manière plus systématique en demandant à des étudiants d'essayer, pendant une semaine, d'incuber un rêve focalisé sur un problème qui les concernait personnellement et de chercher une solution en rêve. Environ la moitié des étudiants a rêvé du problème choisi et un quart des rêves contenait une solution apparente.

Plus fascinant encore, il existe des «champions du rêve», qui ont la particularité de s'endormir très facilement, d'entrer directement dans le sommeil paradoxal (alors qu'il faut au moins une heure pour y accéder normalement), ont des rêves intenses et nombreux, avec parfois la capacité d'être conscients de rêver voire de pouvoir contrôler le scénario onirique. Or des recherches récentes suggèrent que ces grands rêveurs rapportaient plus d'accomplissements créatifs que les sujets sains au cours de leur vie (par exemple, faire des spectacles de danse ou enregistrer une chanson) et étaient meilleurs lors de tests objectifs de créativité évaluant leur faculté à penser de manière divergente (générer le plus de dessins différents possibles à partir d'un modèle) et convergente (réaliser une composition originale et cohérente intégrant plusieurs dessins imposés). Un accès privilégié aux rêves, comme c'est le cas naturellement pour les narcoleptiques, pourrait offrir un plus grand stock d'idées dans lequel puiser à l'éveil et une façon de réfléchir autrement, par associations d'idées et métaphores, ce qui aiderait à trouver des solutions originales et créatives.

Les rêves ont donc probablement plusieurs fonctions. Ils semblent défier les lois de la physique: ils permettraient de voyager dans le passé en explorant nos souvenirs, pour renforcer ceux qui sont importants et les réorganiser de manière à faire émerger des solutions. Ils nous feraient également voyager dans le futur en simulant les menaces potentielles pour mieux les anticiper et les affronter au réveil. ■



Wunkley/Alamy

La vie mentale du dormeur

Le sommeil est divisé en deux grands types: le sommeil lent et le sommeil paradoxal, qui surviennent en alternance.

Le sommeil paradoxal est caractérisé par une activité cérébrale intense, des mouvements oculaires rapides et une paralysie musculaire. Il a longtemps été considéré comme la signature cérébrale des rêves. En effet, les dormeurs réveillés dans ce stade rapportent beaucoup plus fréquemment un rêve que lorsqu'ils sont réveillés en sommeil lent. Des études plus récentes ont montré que cette différence de fréquence de rapports de rêves s'estompe si la question posée est légèrement modifiée, si le chercheur demande *«qu'est-ce qui vous passait par la tête au moment où je vous ai réveillé?»* au lieu de *«à quoi rêviez-vous?»*. Les rêves de sommeil paradoxal sont plus longs, plus bizarres, plus riches émotionnellement que ceux de sommeil lent (qui contiennent plus de pensées et de scénarios ordinaires) et correspondent donc plus à la vision populaire de ce qu'est un «vrai» rêve. Cependant, il est possible de se souvenir d'un contenu mental dans tous les stades du sommeil et des rêves très complexes peuvent survenir en l'absence de sommeil paradoxal. ■ **D.O.**

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

53_55_SHUM310.indd 55 29/11/2018 16:45

Le cerveau social existe-t-il ?

Notre cerveau détecte en permanence, et en priorité, les émotions et intentions d'autrui. Pour autant, peut-on y voir l'origine du lien social ?

Sébastien Montel

Professeur de psychopathologie et neuropsychologie à l'université Paris-VIII, il a entre autres publié *11 grandes notions de neuropsychologie clinique*, Dunod, 2016.

À votre avis, qu'est-ce qui nous rend plus heureux et en meilleure santé ? Pour le savoir, il convient de se reporter à une étude (1), exceptionnelle en ce qu'elle est certainement la plus longue évaluation jamais réalisée : pendant quatre-vingts ans, des centaines de personnes ont été suivies dans leur vie quotidienne ! Des milliers d'informations, de témoignages et d'évaluations objectives ont ainsi été croisés et analysés. La conclusion est simple et sans équivoque : des relations de qualité rendent les gens plus heureux et en meilleure santé. Les personnes les plus « connectées » socialement à leur famille, leurs amis, leur communauté sont plus heureuses, physiquement en meilleure santé, et vivent plus longtemps. Les gens les plus satisfaits dans leurs relations à 50 ans sont en meilleure santé à 80 ans. Ces résultats sont confirmés par des centaines d'autres études. Vivre entouré des gens que l'on apprécie est le meilleur moyen de se sentir bien dans sa vie.

Virtuoses de l'analyse des émotions

Mais que disent les neurosciences sur le sujet ? Que nous sommes de meilleurs décrypteurs émotionnels que nous l'imaginons. La simple exposition, pendant 33 millisecondes (2), à l'image d'un visage traduisant une émotion suffit à modifier notre réponse cérébrale, en particulier dans les régions impliquées dans la perception émotionnelle (3). Cette perception entraîne toute une chaîne de réactions inconscientes, ainsi que des pensées plus ou moins conscientes. La perception émotionnelle d'un visage est plus rapide que la perception visuelle ordinaire, et que la reconnaissance consciente du visage (4). Cette action débuterait bien avant la prise de conscience et pourrait même, à notre insu, agir sur notre état affectif. Et sans en avoir conscience, nous transmettons des informations émotionnelles par notre visage, notre attitude ou le ton de notre voix.

Les muscles de notre visage s'activent en mimétisme des expressions faciales d'autrui. Pour comprendre l'autre, nous avons besoin de l'imiter inconsciemment : le lien social produit des pensées et actions en miroir. Il active également un réseau dit de la récompense, lié au plaisir, au désir, et à la production de neurotransmetteurs cérébraux liés à la satisfaction (5). Des études en imagerie cérébrale montrent aussi que toute une partie du cerveau ne s'active que lorsque nous sommes en relation sociale, et que cette fonction s'altère en cas d'isolement prolongé. Qu'en est-il du rejet social ? Voir la photo d'un proche nous ayant rejeté dans un passé récent active les mêmes zones cérébrales (cortex somato-sensoriel secondaire) que celles de la douleur

Les neurones miroirs au 21e siècle

Découverts par le neurologue Giacomo Rizzolatti, les neurones miroirs ont été salués comme la découverte majeure des neurosciences au 20e siècle. Leur caractéristique principale est de s'activer non seulement quand on exécute une action, mais aussi quand on l'observe chez l'autre. Cette implication de notre propre système moteur nous permet d'accéder à la signification de l'action d'autrui. G. Rizzolatti a fait cette découverte chez le singe macaque. Depuis, l'existence d'un système analogue a été retrouvée chez l'homme.

Le concept a alors été généralisé de façon plus ou moins appropriée. Ces fabuleux neurones seraient à la base de tous nos comportements sociaux : conduites d'imitation, compréhension d'autrui, altruisme, empathie, mais aussi en cas de dysfonctionnements, schizophrénie ou autisme. Gregory Hickok, professeur en sciences cognitives à l'université de Californie (Irvine), explique que l'extraordinaire succès de ces cellules vient de la simplicité du concept. Quel est donc l'avenir des neurones miroirs ? Selon G. Hickok, ils constituent un « mythe » mais méritent d'être « recyclés » dans des modèles plus complets de bases neurales de la cognition et de la communication. ■ S.M.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

56_57_SHUM310.indd 56 29/11/2018 16:46



physique. Ceci dit, peut-on penser que le fonctionnement «biologique» du cerveau explique le fonctionnement «social» des individus, rend compte de la vie sociale? Pour le sociologue Alain Ehrenberg (6), les neurosciences prétendent identifier connaissance du cerveau, connaissance de soi et connaissance de la société. Selon lui, les neurosciences apportent effectivement des données nouvelles: par exemple, comment telle émotion ressentie correspond à l'activation de telle région du cerveau. Cependant, les chercheurs en concluent que ces régions du cerveau jouent un rôle dans le fait d'avoir des émotions. Le problème, fait remarquer A. Ehrenberg, c'est qu'on ne sait jamais quel est ce «rôle», qui fait glisser une corrélation (qui n'est pas une explication), non vers un mécanisme (qui resterait à définir et à prouver), mais vers une interprétation. Or, ajoute A. Ehrenberg, *« des corrélations, la science en trouve tous les jours »*. Pour le dire simplement, il serait très surprenant de ne trouver aucune activité cérébrale quand nous éprouvons une émotion. Pour autant, cette activité n'explique rien à elle seule. On comprend mieux la fascination pour les neurones miroirs *(encadré)*, activés quand le sujet observe un geste finalisé et quand il produit le même geste. L'interprétation d'A. Ehrenberg est que *« ces neurones matérialisent dans un cerveau ce qui se passe dans la tête d'un autre »*, autrement dit sont *«la base biologique de la cognition sociale»*. Le biologique serait ainsi en passe de rendre compte du social. Cependant, pour A. Ehrenberg, le concept d'empathie n'est pas un trait fondateur de l'ensemble des sociétés humaines et n'aurait d'importance que pour les Occidentaux contemporains.

Cet article peut sembler paradoxal: après avoir introduit les preuves biologiques de l'existence d'un cerveau social, il met soudainement en doute son existence en se référant à des données sociologiques. Le cerveau social existe-t-il vraiment? La réponse est oui et les neurosciences ont apporté des données nouvelles et remarquables qui nous permettent de mieux en apprécier le concept. Cependant, comme le dit A. Ehrenberg, on ne peut pas «écraser» le social sur le biologique. Il convient en effet de rester prudent quant aux interprétations que l'on peut faire des travaux d'imagerie, et de rendre au social ce qui appartient au social. ■

(1) Georges Vaillant et Kenneth Mukamal, «Successful aging», *American Journal of Psychiatry*, vol. CLVIII, n° 6, juin 2001.

(2) Exposition dite subliminale car masquée par d'autres images plus longues.

(3) Paul Whalen *et al.*, «Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge», *The Journal of Neuroscience*, vol. XVIII, n° 1, janvier 1998; **Stanislas Dehaene *et al.*,** «Cerebral mechanisms of word masking and unconscious repetition priming», *Nature Neuroscience*, vol. IV, n° 7, août 2001; **Michele Diaz et Gregory McCarthy,** «Unconscious word processing engages a distributed network of brain regions», *Journal of Cognitive Neurosciences*, vol. XIX, n° 11, novembre 2007.

(4) Patrik Vuilleumier et Gilles Pourtois, «Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception. Evidence from functional neuroimaging», *Neuropsychologia*, vol. XLV, n° 1, janvier 2007.

(5) Shir Atzil *et al.*, «Dopamine in the medial amygdala network mediates human bonding», *PNAS*, vol. CXIV, n° 9, février 2017.

(6) Alain Ehrenberg, «Le cerveau "social". Chimère épistémologique et vérité sociologique», *Esprit*, janvier 2008.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

56_57_SHUM310.indd 57 29/11/2018 16:46

Qu'est-ce qui nous fait vieillir ?

Comme tout le reste du corps, le cerveau se détériore avec l'âge. Mieux comprendre nous permettrait-il de comprendre ce processus ?

Romina Rinaldi
Docteure en psychologie, chargée d'enseignement à l'université de Mons (Belgique).

Vieillir, c'est traverser une série de changements… et notre cerveau n'y échappe pas ! Pourquoi donc le merveilleux processus de développement neuronal, qui transforme le nouveau-né en jeune enfant capable de mille et un apprentissages, puis en un adulte en pleine possession de ses moyens, semble-t-il ralentir, voire s'arrêter ?

Qu'est-ce qu'un cerveau vieillissant ?

Le vieillissement cérébral pourrait se déployer sur plusieurs plans. Il pourrait résulter moins d'une perte de neurones qu'à des dégradations de leurs connexions (1). Pour produire le répertoire inouï de comportements dont un humain est capable, les neurones ont certes besoin de rester fonctionnels individuellement, mais l'essentiel est la façon dont ils se connectent, notamment *via* leurs synapses (la partie finale du neurone qui communique avec le neurone suivant). Le vieillissement, à travers certains changements biologiques, et notamment hormonaux, mettrait donc en péril la qualité de ces connexions.

Certains scientifiques se focalisent davantage sur la matière blanche, la myéline, une gaine entourant nos neurones pour augmenter leur conductivité et « booster » le flux d'informations. En 2017, des chercheurs de l'University College London ont ainsi pu mener une large étude *post mortem* sur presque 500 cerveaux humains âgés de 16 à 106 ans. Leurs analyses sont sans équivoque : l'état de la myéline est un indicateur si fiable qu'il permet de prédire l'âge d'un cerveau avec un haut degré de certitude. Enfin, en étudiant les cerveaux de plus de 30 000 personnes de 0 à 105 ans, une équipe de chercheurs américains a également pu démontrer des changements liés à l'âge dans la perfusion cérébrale, c'est-à-dire l'approvisionnement du cerveau en sang (lequel lui apporte le glucose, sa « nourriture » principale). Dans leur étude parue en 2018 dans la revue *Journal of Alzheimer's Disease*, ils soulignent que ces changements semblent précipités par des facteurs comme la consommation d'alcool ou de cannabis, certains troubles mentaux comme l'anxiété ou la psychose, ou encore le fait… d'être un homme.

Tout cela à cause d'un gène ?

Au-delà de ces considérations, on peut se poser une question « basique » : pourquoi vieillissons-nous ? Selon les dernières recherches, il serait possible « d'incriminer » certains gènes… Mais ne nous emballons pas, la plupart de ces études étant menées à mille lieues du corps humain. Par exemple, en 2010, des chercheurs de l'université de Birmingham ont mis en évidence un gène (DAF-16) qui serait particulièrement impliqué dans la durée de vie et le rythme de vieillissement chez les vers de laboratoire. Cependant, ce gène n'est qu'une petite pièce dans le puzzle de la machinerie potentiellement impliquée dans le vieillissement. Par ailleurs, en 2017, une autre équipe, allemande cette fois, a estimé dans la revue *Genes and Development* que les gènes les plus susceptibles de nous tenir en forme et permettre notre reproduction auraient aussi les conséquences les plus néfastes à long terme ! Une sorte de bévue de l'évolution… Dans leur étude, ils ont ainsi trouvé une quantité surprenante de gènes (30 environ) agissant de manière contradictoire (à la fois « proforme » et « provieillissement »), rien que chez le ver de laboratoire.

Un cerveau éternellement jeune, c'est pour demain ?

Devenir « sénile » serait-il donc la seule option ? Oui et non. Ces dernières

Des régions cérébrales plus vulnérables

Si le vieillissement peut concerner l'ensemble du cerveau, il existe certaines zones plus particulièrement à risques. Notamment l'hippocampe, une structure responsable notamment de la mémorisation d'informations à moyen et long terme, ou encore le cortex préfrontal dorsolatéral, fondamental pour le contrôle de notre comportement comme pour la mémorisation et la mise à jour d'informations à court terme. Voilà qui explique au moins partiellement pourquoi certaines difficultés, comme les troubles de la mémoire, peuvent se trouver à l'avant-plan, même chez une personne vieillissante « saine ». ■ R.R.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

58_59_SHUM310.indd 58 29/11/2018 16:46


Andrea Lehmkulh/Adobe

années, une multitude d'études se sont intéressées aux effets de l'exercice physique, de l'alimentation (notamment des Omega 3 et 6, bénéfiques pour consolider notre matière blanche), de la stimulation cognitive ou encore des relations sociales sur notre vieillissement cérébral. Malheureusement, elles sont souvent basées sur des essais cliniques uniques et donnent donc des résultats contradictoires. Avant de statuer d'un point de vue scientifique sur leurs bénéfices, nous avons besoin d'un peu plus de recul et de données – que cela ne vous empêche pas de vous déhancher, sortir entre amis et manger du poisson gras !

Certains scientifiques vont toutefois plus loin dans l'entreprise en cherchant littéralement à modifier le cours du temps. Pour ne citer que quelques exemples, le fait de « faire taire » (biologiquement parlant) certains gènes impliqués dans le vieillissement permettent à des vers de vivre plus longtemps. D'autres résultats suggèrent qu'en implémentant des cellules-souches hypothalamiques dans le liquide cérébro-spinal de souris, on peut réduire le rythme du vieillissement et augmenter leur forme physique et cognitive (2). Mais impossible d'affirmer encore avec certitude que grâce aux nouvelles technologies, vieillir sera bientôt le cadet de nos soucis, à nous, humains ! ■

Les humains ont-ils le monopole du vieillissement cérébral

Certainement pas ! On en observe d'ailleurs chez les animaux (souris, singes rhésus…) des conséquences tout aussi variables. Par exemple, les rats s'orientent moins bien avec l'âge (1). En revanche, le vieillissement cérébral n'opère pas exactement de la même manière. Surtout chez les espèces dont la courbe de vieillissement diffère de la nôtre, ou qui ont une moindre longévité, comme les crocodiles, ou encore les chimpanzés qui, contrairement à nous, ne présentent pas d'atrophie des lobes frontaux et de l'hippocampe. Une espèce d'oiseaux sauvages des îles Galapagos (*Sula nebouxii*) présente une espérance de vie assez longue, mais aussi des signes de vieillissement… particuliers : les pieds des mâles deviennent bleus, conséquence étrange d'une baisse de qualité de leur sperme. Ce qui les disqualifie aux yeux des femelles au jeu de la séduction. C'est dur de vieillir, même chez les oiseaux ! ■ R.R.

(1) Stephanie Leal et Michael Yassa, « Neurocognitive aging and the hippocampus across species », *Trends in Neurosciences*, vol. XXXVIII, n° 12, décembre 2015.

(1) John Morrison et Mark Baxter, « The aging cortical synapse. Hallmark and implications for cognitive decline », *Nature Review Neurosciences*, vol. XIII, n° 4, 2013.
(2) Yalin Zhang *et al.*, « Hypothalamic stem cells control ageing speed partly through exosomal miRNAs », *Nature*, n° 548, 3 août 2017.

Ce document est la propriété exclusive de STEPHANE CAZAURANG (s.cazaurang@laposte.net) - 23-01-2019

58_59_SHUM310.indd 59 29/11/2018 16:46